

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Konstrukce lomené pilířové opěry pro důlní mechanizovanou výztuž**

**Design of Face Plate of Mechanized Roof Supports**

Student: Bc. Jindřich Koska

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2011

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Diplomová práce pojednává o konstrukčním návrhu pilířové opěry důlní mechanizované výztuže pro sloje o mocnosti 1,7 až 3,7 metru. Tato mechanizovaná výztuž se používá při těžbě černého uhlí metodou Longwall. Pracuje v komplexu společně s důlním kombajnem, pohybujícím se po hřeblovém dopravníku. Tento konstrukční návrh vychází z požadavků a zadávacích parametrů společnosti OSTROJ Opava, a.s. Práce obsahuje shrnutí současné techniky, požadavky na pilířovou opěru, předběžný a koncepční návrh řešení, ze kterého vychází výsledný konstrukční návrh řešení. Zahrnuje také výběr z možných řešení příklopného úhlu, výpočet sil v hydraulických válcích, jejich návrh a dále také kontrolu a návrh čepů mechanismu. V přílohách najdeme výkres sestavy mechanismu a výkresy svarku jednotlivých částí pilířové opěry.

## **ANNOTATION OF THESIS**

The thesis discusses the design of the proposal rests pillar mining mechanized support for seam thickness of 1.7 to 3.7 meters. This mechanized reinforcement is used in coal mining Longwall method. It works in conjunction with the complex mine harvester, moving the drag conveyor. The design is based on the requirements and specifications of the parameters OSTROJ Opava, as The work contains a summary of current technology, the requirements of the abutment fulcrum, the preliminary and conceptual design, which is based on the final design solution. It also includes a selection of possible solutions příklopného angle, calculation of forces in the hydraulic cylinders, their design and also controls the mechanism and design journals. In the annexes we can find drawings and assembly drawings mechanism weldment parts of pillar supports.

## Obsah

1	Úvod .....	10
1.1	Metoda Longwall .....	10
1.2	Dobývací komplex .....	14
1.2.1	Dobývací kombajn .....	14
1.2.2	Mechanizované výztuže .....	17
	Nízké sloje .....	20
	Výztuže pro střední a mocné sloje .....	20
1.2.3	Hřeblový dopravník .....	21
2	Rešerše v oblasti pilířových opěr .....	23
2.1	Požadavky na pilířovou opěru a současný stav techniky .....	23
2.1.1	Požadavky na pilířovou opěru .....	23
2.1.2	Starší provedení pilířových opěr .....	24
2.1.3	Současná provedení pilířových opěr .....	25
2.1.4	Dělená pilířová opěra .....	27
2.2	Zhodnocení a výběr varianty pro konstrukci .....	32
3	Koncepční návrh pilířové opěry .....	32
3.1	Rozbor poloh mechanismu .....	32
3.1.1	Poloha 1 .....	32
3.1.2	Poloha 2 .....	33
3.1.3	Poloha 3 .....	34
3.1.4	Poloha 4 .....	34
3.1.5	Poloha 5 .....	35
3.1.6	Přehled poloh, které ještě mohou nastat .....	36
3.2	Variety řešení .....	36
3.2.1	VARIANTA I .....	37
3.2.2	VARIANTA II .....	40
3.2.3	SHRNUTÍ A VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY .....	43
3.3	Finální koncepční návrh .....	43
4	Konstrukční návrh mechanismu .....	46
4.1	Výpočet sil ve válcích pro nové koncepční řešení .....	46
4.1.1	Původní návrh řešení: .....	46
4.1.2	Nové koncepční řešení: .....	46
4.1.3	Základní rozměry částí pilířové opěry a stropnice .....	47
4.1.4	Výpočet silových poměrů pro nově navržené rozměry mechanismu .....	48
4.1.5	Výpočet průměru válců .....	51
4.1.6	Kontrola kolize .....	52
4.2	Výpočet čepů v mechanismu .....	53
4.2.1	Čep č. 1 a č. 2 .....	55
4.2.2	Čep č. 3 a č. 4 .....	55
4.2.3	Čep č. 5 .....	55

4.2.4	Čep č. 6.....	56
4.2.5	Čep č. 7 a č. 8.....	56
4.2.1	Čep č. 9.....	57
4.3	Výsledný konstrukční návrh.....	57
4.3.1	Svařenec přední části pilířové opěry .....	58
4.3.2	Svařenec zadní části pilířové opěry.....	58
4.3.3	Svařenec stropnice .....	59
4.3.4	Hydraulické válce.....	60
4.3.5	Členy pohybového mechanismu .....	60
4.3.6	Výsledný pohled na pilířovou opěru v pracovní poloze .....	60
5	Závěr: .....	62
6	Seznam použité literatury .....	62
7	Přílohy.....	62

## Seznam použitého značení

$F_n$	zadaná síla na hraně pilířové opěry	[N]
$a$	vzdálenost stropnice od pilíře v pracovní poloze	[mm]
$b$	vzdálenost stropnice od pilíře po odjetí kombajnu	[mm]
$F_{t1}$	síla, působící na čepy číslo 3 a 4	[N]
$F_{v1}$	síla, působící na čepy číslo 1 a 2	[N]
$F_1$	síla, působící na čep číslo 5	[N]
$F_2$	síla, působící na čep číslo 6	[N]
$F_{v2}$	síla, působící na čepy číslo 7 a 8	[N]
$F_{t2}$	síla, působící na čep číslo 9	[N]
$F_n'$	skutečná síla na hraně pilířové opěry	[N]
$F_{v1}'$	skutečná síla v prvním válci	[N]
$F_{t1}'$	skutečná síla, působící na čepy číslo 3 a 4	[N]
$F_{v1}'$	skutečná síla, působící na čepy číslo 1 a 2	[N]
$F_1'$	skutečná síla, působící na čep číslo 5	[N]
$F_2'$	skutečná síla, působící na čep číslo 6	[N]
$F_{v2}'$	skutečná síla, působící na čepy číslo 7 a 8	[N]
$F_{t2}'$	skutečná síla, působící na čep číslo 9	[N]
$p_p$	pracovní tlak ve válcích	[MPa]
$p_v$	pojišťovací tlak ve válcích	[MPa]
$F$	síla, působící na čep	[N]
$S$	plocha válce	[mm <sup>2</sup> ]
$d$	průměr válce	[mm]
$d'$	skutečný průměr válce	[mm]
$l$	délka válce v zavřené poloze	[mm]
$l'$	délka válce v otevřené poloze	[mm]
$k_v$	pojišťovací koeficient	[-]
$k$	bezpečnostní součinitel pro pevnostní výpočet čepů	[N]
$c_{II}$	koeficient pro míjivé zatížení	[-]

$\tau_{ds}$	dovolené napětí ve střihu	[MPa]
$\sigma_{dt}$	dovolené napětí v tahu	[MPa]
$p_d$	dovolený tlak na otlačení	[MPa]
$Re$	mez kluzu	[MPa]
$i_1$	převodový součinitel prvního válce	[-]
$i_2$	převodový součinitel druhých válců	[-]
$s$	plocha pod čepem	[mm <sup>2</sup> ]
$n$	počet čepů	[-]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\alpha$	příklopný úhle k pilíři	[-]



# 1 Úvod

Při důlní těžbě se stále více setkáváme s pilířovou opěrou u důlní mechanizované výztuže. Pilířová opěra důlní mechanizované výztuže je její horní část, sloužící k zamezení vypadávání uhlí z uhelného pilíře a k ochraně pracovníka před zraněním, které hrozí při vypadnutí bloku uhlí z uhelného pilíře. Výztuž pracuje společně s dalšími stroji v takzvaném dobývacím komplexu. Spolu s mechanizovanou výztuží jsou v dobývacím komplexu také hřeblový dopravník, a po něm se pohybující razící kombajn. Tento způsob těžby se nazývá metoda „Longwall“. Je to efektivní metoda těžby uhlí v podzemí.

Mechanizovaná důlní výztuž, a tedy i její pilířová opěra, je ovládána horníkem nebo automatizována. Jejím úkolem je zabezpečit fárovací prostor a postupně se přesouvat do míst, kde kombajn již odtěžil a zase fárovací prostor zajistit. Po přesunu výztuže za ní vzniká zával. Výztuž klade odpor proti nadložním silám a redukuje tak jejich pokles. Musí vytvořit bezpečný fárovací prostor jak pro pohyb pracovníků, tak pro průchod větrného proudu. Spolupracuje s ostatními stroji dobývacího komplexu. Přesouvá je, udržuje v dané poloze, nebo je přitlačuje na uhelný pilíř. Veškerý pohyb výztuže je řešen pomocí hydraulických válců. Diplomová práce obsahuje shrnutí současné techniky, konstrukčních řešení a možné varianty řešení kloubového mechanismu. V práci byla realizována jedna z možností, která z hlediska jednoduchosti a pokrytí provozních potřeb vyhovuje podmínkám a zadaným parametrům zadavatele, firmě OSTROJ Opava, a.s.

## 1.1 Metoda Longwall

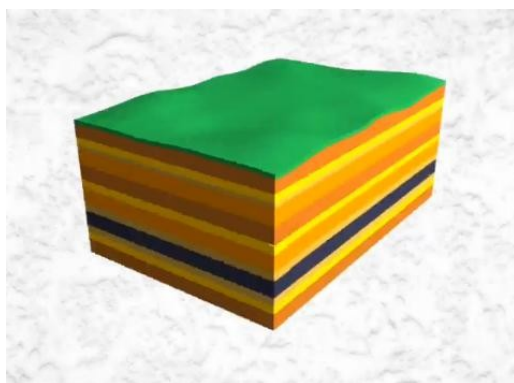
Tato metoda má největší dopad na podzemní operace těžby uhlí za posledních 50 let. Koncept této metody vznikl v Evropě a postupně se rozšířil do celého světa. Jak již bylo naznačeno, tento systém těžby černého uhlí vznikl v 50. letech 20. století. Od té doby prochází různými konstrukčními úpravami, které ještě zvyšují efektivitu práce. Od 60. až 70. let zaznamenáváme výrazný nárůst této metody všude ve světě. Z původních méně než 10% na současných 50%.

Metoda Longwall, neboli česky „stěnování“, je vysoce produktivní způsob těžby v podzemí. Při použití této metody není problém vytěžit blok uhlí o šířce až 550 metrů a délce 3 až 5 km. V roce 1969 byl v USA v dole Appalachian zaznamenán těžební rekord, a to 6000 tun uhlí za den. Tyto limity byly postupem času stále překonávány. Dnes se v Austrálii lámou limity, kdy je vytěženo 3000 až 4000 tun za hodinu.

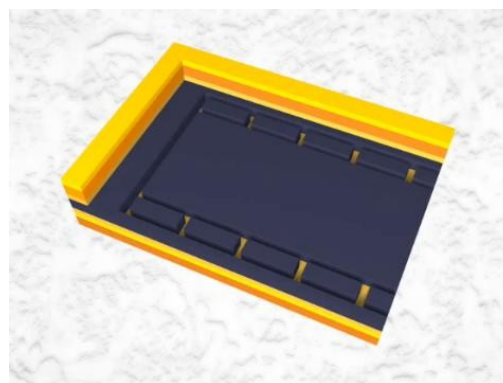
Tento systém dobývání uhlí spočívá v pohybu dobývacího komplexu v uhelné pánvi. Nejprve se vyrazí boční šachty v krajích uhelné pánve. Poté se ustaví dobývací komplex do pracovní polohy a může se začít dobývat. Pracovní prostor je chráněn pohyblivým

hydraulickým systémem – mechanizovanými výztužemi. Dále se v tomto systému pohybuje dobývací kombajn, se dvěma rotačními rozpojovacími orgány. Kombajn je mechanicky veden po hřeblovém dopravníku sem a tam po šířce uhelného bloku a postupně se přesouvá i s výztuží a stěnovým hřeblovým dopravníkem dále po délce uhelného bloku. Odtěžené uhlí padá ze stěnového dopravníku na sběrný dopravník, a z něj pak na další pásový dopravník, který vyváží uhlí ven z dolu.

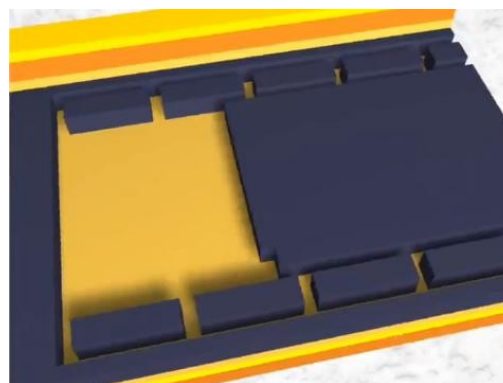
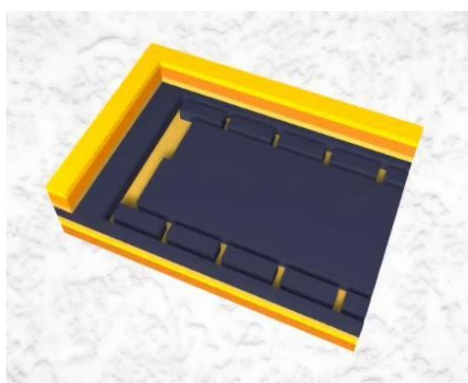
Jak dobývací kombajn, tak výztuže jsou ovládány buď automatizovaně (elektrohydraulické ovládání), nebo manuálně (impulzní ovládání). Horník je přímo v porubu. Tento blok strojů poskytuje nejen zvýšenou produkci při těžbě uhlí, ale i zvýšení bezpečnosti horníka. Jakmile se výztuž přesune do nové polohy, vzniká za ní zával. Technologii dobývání metodou Longwall můžeme shlédnout na následujících obrázcích.



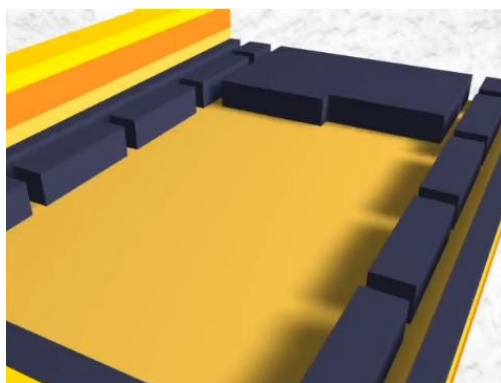
*Obr. 1.1 – geologický řez*



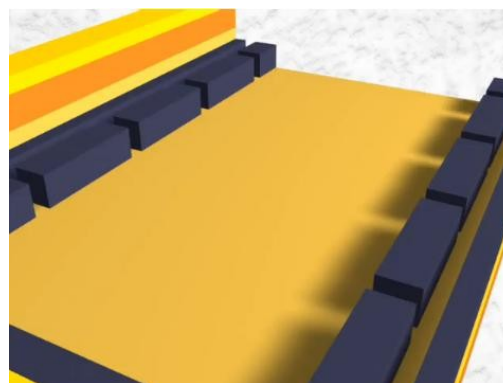
*Obr. 1.2 – vyražení bočních šachet*



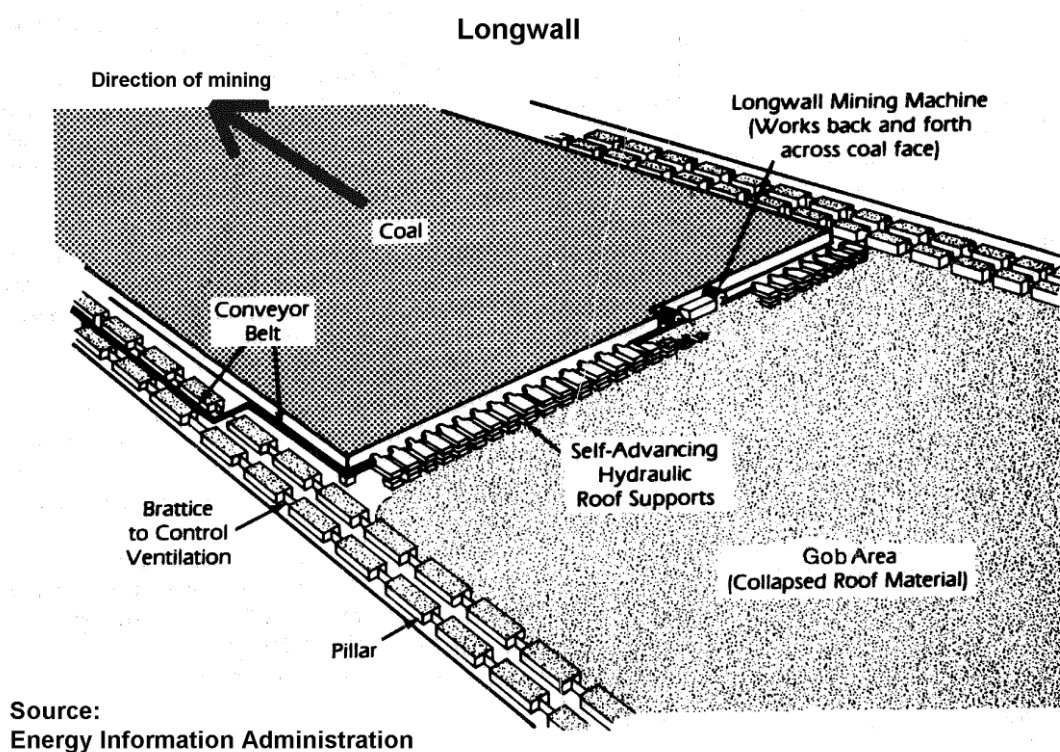
*Obr. 1.3 a Obr. 1.4 – zabrázdění a postup dobývání uhlí*



Obr. 1.5 – postupné dobývání uhlí



Obr. 1.6 – vytěžený blok uhlí



Obr. 1.7 – Znázornění metody Longwall a směru dobývání

Na obrázcích 1.1 až 1.6 je vidět technologický postup při těžbě touto metodou. Na obr. 1.7 je znázorněn směr dobývání uhlého bloku a zával, vznikající za výztužemi. Na obrázcích 1.8 a 1.9 jsou fotky z poruby. Zatímco na obr. 1.8 si můžeme všimnout pilířových opěr, na obr 1.9 pilířové opěry chybí. Je to dáno kvalitou uhlí. Například v Austrálii je tak kvalitní uhlí, že při těžbě drží uhlý pilíř pohromadě a není tak potřeba pilířové opěry. U nás v České Republice není uhlí takové kvality, proto je pilířové opěry zapotřebí, ostatně jak říká i norma pro důlní mechanizované výztuže ČSN EN 1804-1+A1.





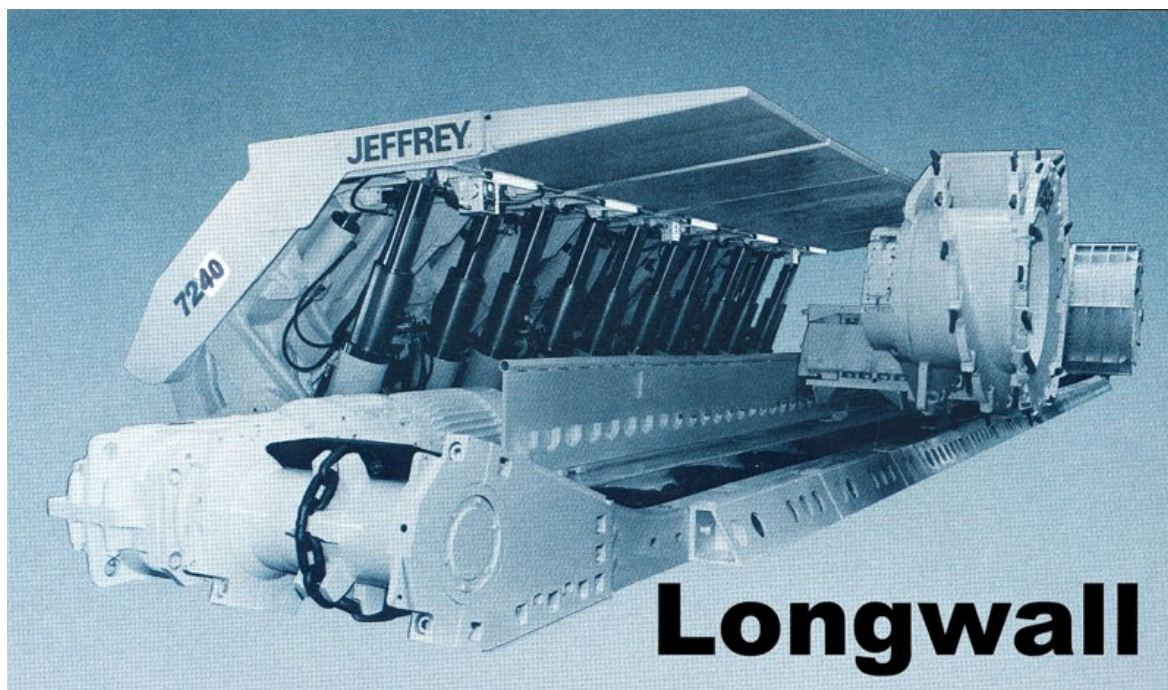
*Obr. 1.8 – Dobývací komplex v porubu*



*Obr. 1.9 – Dobývací komplex v porubu s kvalitním uhlím*

## 1.2 Dobývací komplex

Dobývací komplex je soustava strojů, sloužící k dobývání uhlí. Komplex se skládá z dobývacího kombajnu, hřeblového dopravníku a z mechanizovaných výztuží. O jednotlivých strojích dobývacího komplexu se dozvíme více v jednotlivých kapitolách.



Obr. 1.10 – Dobývací komplex pro Longwall metodu

### 1.2.1 Dobývací kombajn

Dobývací kombajny byly prvním mechanizačním prvkem v procesu dobývání uhlí. Nejdříve to byly brázdící stroje, které používaly k rozpojování uhlí řetězové rozpojovací orgány, následně to byly kombinované dobývací stroje, které měly rozpojovací orgány vytvořeny kombinací řetězových a sbíjecích prvků. Tyto stroje měly malý výkon, byly poruchové a jejich životnost byla malá.

Dalším vývojovým stupněm byl dobývací kombajn s válcovým rozpojovacím orgánem, který noži upevněnými na rotujícím válci, odřezává uhlí z pilíře. Tento princip se využívá dodnes.

Porubové kombajny můžeme rozdělit podle několika hledisek, zejména s ohledem na technologii dobývání a konstrukční řešení stroje.



### **1.2.1.1 Rozdělení dobývacích kombajnů**

- Podle technologie dobývání
  - Jednosměrné kombajny
  - Obousměrné kombajny
- Podle počtu rozpojovacích orgánů
  - Jednoválcové kombajny
  - Dvouválcové kombajny
- Podle způsobu pojezdu porubem
  - Kombajny s tažným řetězem
  - Kombajny s bezřetězovým pojezdem
- Podle provedení regulace rychlosti
  - Hydraulická
  - Elektrická

### **1.2.1.2 Hlavní části dobývacího kombajnu**

Dobývací kombajn musí rozpojovat uhlí v pilíři, pojíždět podél pilíře a nakládat rozpojené uhlí na hřeblový dopravník. Kromě těchto hlavních funkcí musí být vybaven zařízením pro snižování prašnosti při rozpojování uhlí. Skládá se z těchto částí:

- rám
- poháněcí část rozpojovacích orgánů
- poháněcí část pojezdu kombajnu
- zařízení pro ovládání polohy ramen
- ramena s rozpojovacími orgány
- nakládací zařízení kombajnu
- elektrická část kombajnu
- skrápění a chlazení



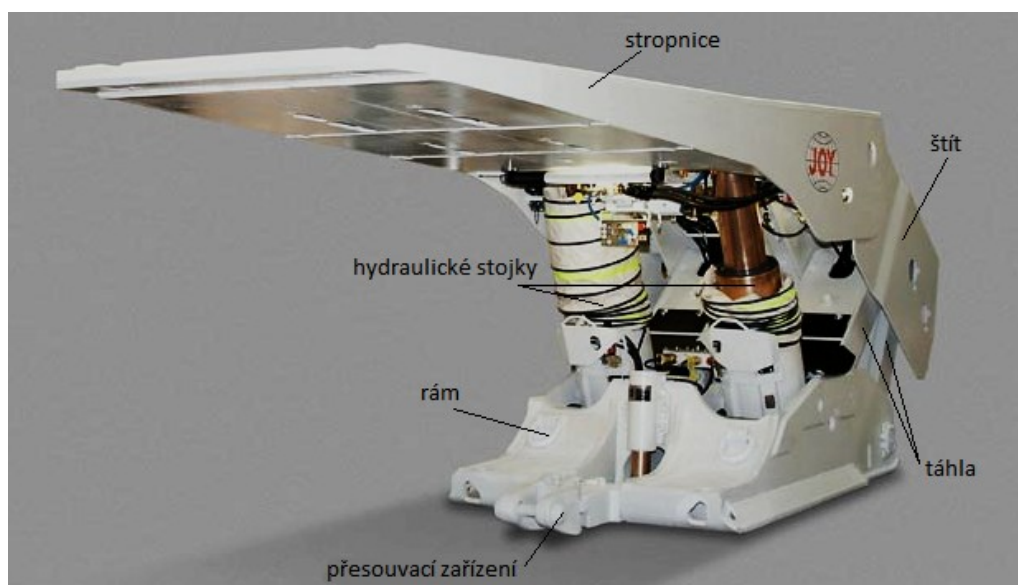
Obr. 1.11 – Dobývací kombajn se dvěma rozpojovacími orgány



Obr. 1.12 – Dobývací kombajn - pohled na spirálovitý tvar rozpojovacího orgánu

### 1.2.2 Mechanizované výztuže

Musí dobře krýt pracovní prostor od stropu, závalu i pilíře. Jsou konstruovány tak, aby se dokázaly přizpůsobit mocnosti sloje. Po ukončení pracovního cyklu se přemisťují spolu s dopravníkem a dobývacím strojem do nové polohy.

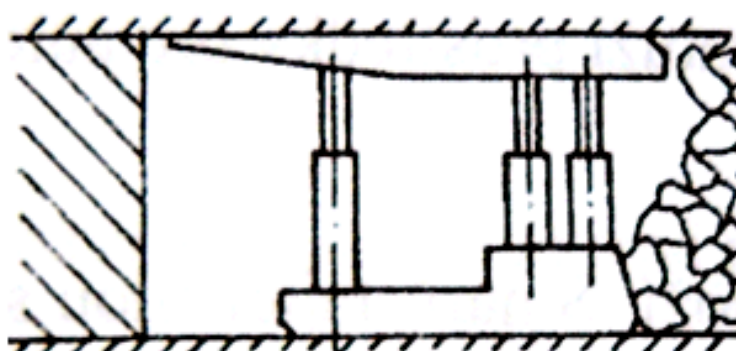


Obr 1.13 - Části mechanizované výztuže

#### 1.2.2.1 Rozdělení mechanizovaných výztuží

##### **Mechanizované výztuže podpěrné**

Plní funkci podpěry nadloží. Mají větší odpor díky vertikálně uloženým stojkám. Výškový rozsah je poměrně malý, používány ojediněle v nízkých slojích.

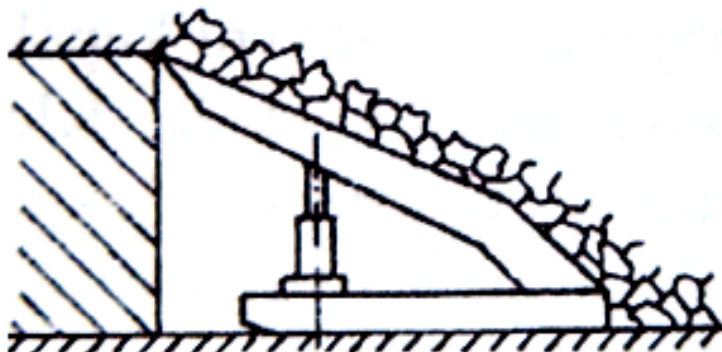


Obr.1.14 - Schéma podpěrné výztuže



### **Mechanizované výztuže ohrazující**

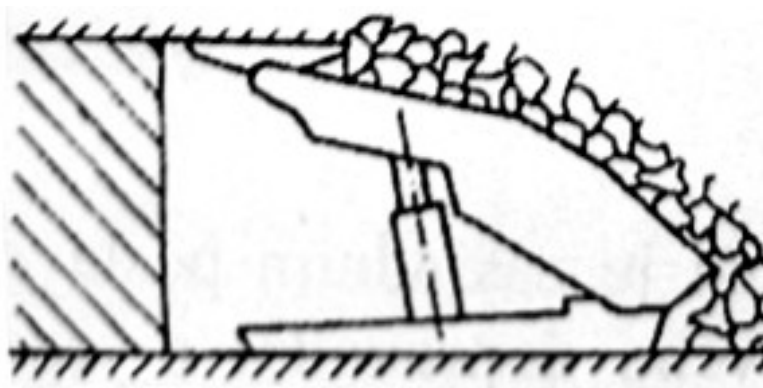
Relativně největší odpor (zálomová hrana těsně u pilíře). Nejsou používány z důvodu nedostatku místa pro uložení hřeblového dopravníku a dobývacího stroje.



*Obrázek 1.15 - Schéma ohrazující výztuže*

### **Mechanizované výztuže podpěrně ohrazující**

Plní funkci jak podpěry stropu, tak i ohrady zabraňující vnikání horniny ze závalu do pracovního prostoru. Jsou dominantním typem výztuží pro všechny mocnosti. Díky dlouhé stropnici je dostatečně kryt dopravník i stroj. Vhodným spojením rámu se štítem a díky šikmo postaveným stojkám dosahujeme velkého výškového rozsahu. Používá se i pro sloje s velkým podélným úklonem.

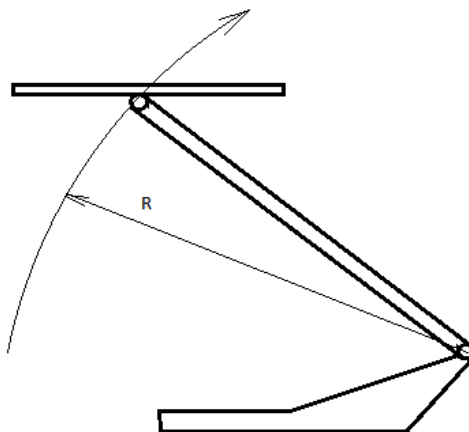


*Obr. 1.16 - Schéma podpěrně ohrazující výztuže*

### Rozdělení podpěrně ohrazujících výztuží:

- S jednokloubovou vazbou

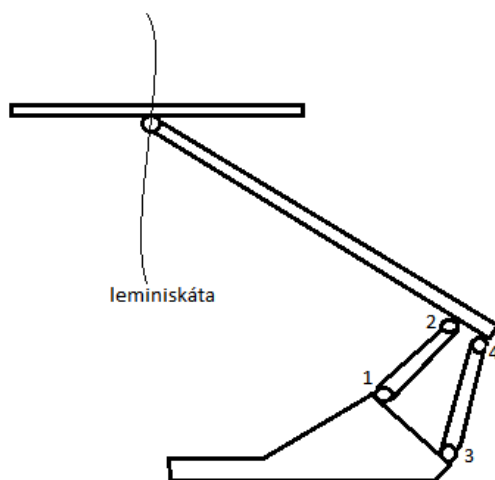
Štít se natáčí kolem kloubu s rámem. Otočný čep stropnice při tomto pohybu vykonává pohyb po kružnici, tímto se zvyšující výškou zhoršuje krytí pracovního prostoru. Tento problém se řeší buď výsuvným ramenem ve štítu výztuže nebo výsuvnou přední částí stropnice.



Obr. 1.17 - Schéma jednokloubové vazby

- Se čtyřkloubovou vazbou

Rám je se štítem spojený pomocí táhel. Otočný čep stropnice se pohybuje po lemniskátě, tímto se hrana stropnice neoddaluje od pilíře v průběhu celého výškového rozsahu. Celková konstrukce vytváří bezpečný pracovní prostor.

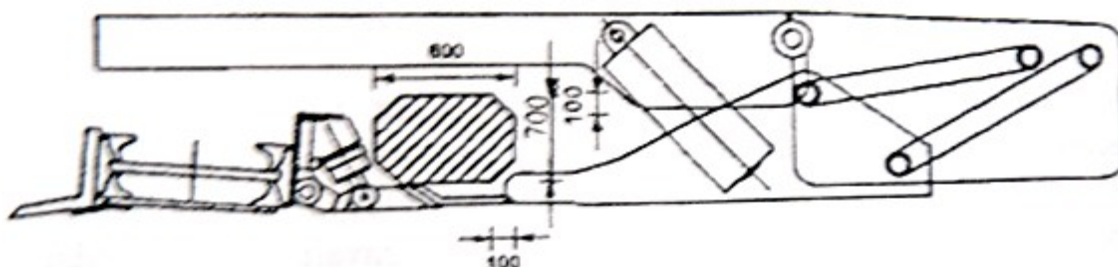


Obr. 1.18 - Schéma čtyřkloubové vazby

### 1.2.2.2 Použití dle mocnosti sloje

#### Nízké sloje

Je nutno brát ohled na minimální rozměry pro průchod pod výztuží (600x700mm). Je požadován velký výškový rozsah výztuže (u moderních výztuží je maximální výška až trojnásobkem minimální). Dalším omezujícím faktorem je rozdílný úhel postavení hydraulické stojky vzhledem k rámu a stropnici což ovlivňuje odpor. Mají dvojdílný rám, ve kterém je lůžko pro uložení hydraulické stojky. Tento prostor musí být dostatečně dlouhý aby umožnil její naklápění v celém rozsahu. V zadní části jsou závěsy pro otočné uložení táhel čtyřkloubového mechanismu. Jsou zde i oka pro přesouvací zařízení. Stropnice musí být, s ohledem na dostatečný prostor, co nejtenčí.



Obr. 1.19 - Schéma výztuže pro nízké sloje

#### Výztuže pro střední a mocné sloje

V těchto slojích se nevyskytují problémy s nedostatečným místem pro průchod pracovníků a větrného proudu. Výztuže musí mít co největší výškový rozsah (rozdíl mezi maximální a minimální polohou i několik metrů). Dále musí mít velký odpor odpovídající mocnosti sloje a charakteru nadloží a také musí být vybaveny prostředky pro pohyb s ohledem na jejich hmotnost (až 40 tun).

Rám těchto výztuží je jednodílný, v jeho zadní části se nacházejí úchyty pro čtyřkloubový mechanismus. V rámu bývá umístěno spodní stabilizační zařízení (pro usměrňování při přesouvání v mocných slojích). Táhla čtyřkloubového mechanismu jsou skříňové konstrukce (pro zvýšenou tuhost). Štít je celistvý s připojenými bočními plechy, které plní funkci ochrannou (krytí proti závalu) i pomocnou (ovládání boční polohy při přesouvání). Stropnice je skříňová (celistvá nebo i vícedílná) s lůžky pro uchycení hydraulických stojek. Připojené jsou i boční plechy stropnice. Na konci je pilířový štít (pro mocnosti větší než 2.5m) který chrání pracovní prostor. Stojky bývají dvouteleskopické.



*Obr. 1.20 - Fotka výztuže pro velmi mocnou sloj s pilířovou opěrou*

### **1.2.3 Hřeblový dopravník**

Hřeblový dopravník je určen pro jednosměrnou, přímočarou dopravu uhlí a jiných hornin. V porubech hlubinných dolů však kromě dopravy rozpojeného uhlí má další významné funkce, k nimž patří zejména:

- Vedení dobývacího stroje
- Vytvoření pevné opory pro přesouvání sekcí mechanizované výztuže
- Vytvoření pojezdové dráhy kombajnů s bezřetězovým pojezdem
- Nakládání horniny při přesouvání dopravníku

Uvedené požadavky kladou velké nároky na pevnost hřeblového dopravníku. Dobré dimenzování žlabů a jejich spojů i jeho nastavbové části, kterými jsou nastavné plechy,

nahrnovací plech a pojezdová dráha kombajnu. V porubech hlubinných dolů jsou používány dva druhy hřeblových dopravníků:

- Porubové: určené pro odtěžení rozpojeného uhlí z porubů, dobývaných uhelnými kombajny, nebo pluh
- Podporubové: určené pro přepravu uhlí z porubového dopravníku na dopravník pásový, případně další hřeblový dopravník.

Konstrukce hřeblových dopravníků bývá přizpůsobena podmínkám, ve kterých bude pracovat. Rozdílné jsou konstrukce dopravníků pro poruby s individuální výztuží a mechanizovanou výztuží, nebo také pro poruby, ve kterých je dobývacím strojem uhelný kombajn, nebo pluh. Příklad uspořádání hřeblového dopravníku je na obr.

### **1.2.3.1 Hlavní části hřeblového dopravníku**

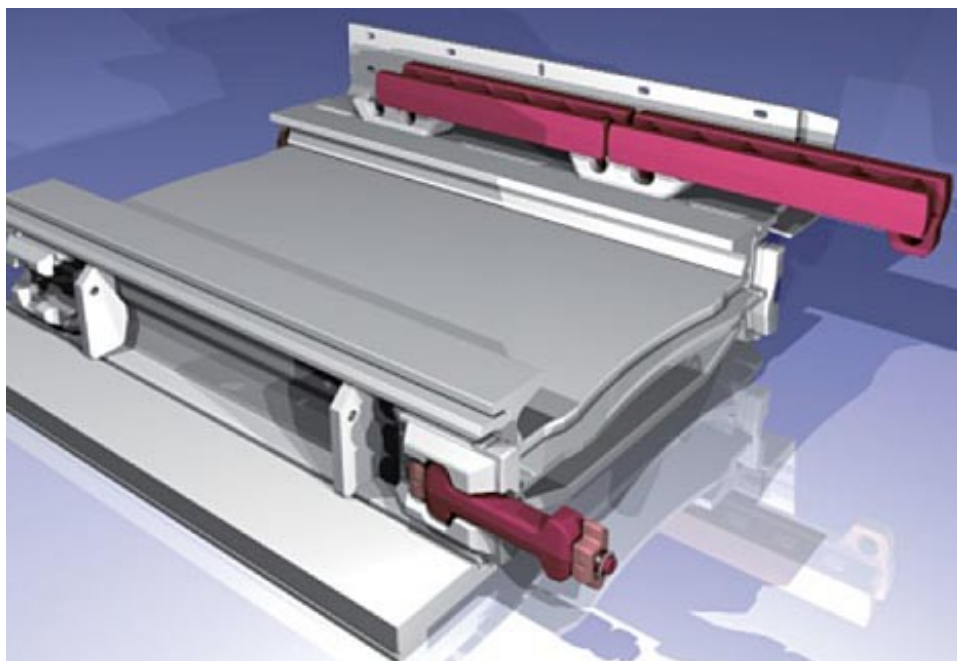
Jednotlivá provedení dopravníku se od sebe značně liší, proto následující popis hlavních částí nemůže postihnout jednotlivé řešení těchto částí, ale zachycuje je jejich podstatné prvky.

#### **Hlavní části:**

- Poháněcí stanice
- Trať
- Řetězové úseky
- Vedení
- Kotvení
- Elektrická regulace



*Obr. 1.21 – Hřeblový dopravník*



Obr. 1.22 – Hřeblový dopravník

## 2 Rešerše v oblasti pilířových opěr

### 2.1 Požadavky na pilířovou opěru a současný stav techniky

#### 2.1.1 Požadavky na pilířovou opěru

Při těžbě uhlí se snažíme stále více zefektivnit dobývání. S tím souvisí i mocnosti dobývacích slojí. Dobývají se čím dál mocnější sloje a tím rostou nároky na důlní výztuž i pilířovou opěru. Hlavním úkolem pilířové opěry je zabránit vystřelování uhlí z uhelného pilíře a zamezit tak případnému zranění pracovníka nebo poškození strojů. Zatímco kdysi se pilířová opěra opírala o pilíř pouze svou hranou, nyní v mocnějších slojích se snažíme, aby se opírala větší plochou. To nám umožňuje například dělená pilířová opěra, kterou jsem se rozhodl navrhnout.

**Pilířová opěra jednodílná** - slouží k zamezení vypadávání uhlí z uhelného pilíře do pracovního prostoru a prostoru pohybu osob. Pilířový štítek je zpravidla před průjezdem kombajnu a za pomoci válce pilířového štítu sklopen pod základní stropnici. Poškození pilířového štítu je důsledkem nedodržení výše uvedeného postupu (pilířový štít zůstává odklopen). Po průjezdu dobývacího stroje musí být pilířový štítek uveden do svislé polohy a přitlačen k pilíři tak, aby byla hrana pilířového štítu v kontaktu s pilířem.

Současně je nutno věnovat zvýšenou pozornost pro zajištění bezpečnosti při vykonávání prací na pilířovém štítku a v pracovním prostoru pilíře nezajištěným opravovaným pilířovým štítkem. Bezpečnost pracovního prostoru musí být řešena



v technologickém postupu uživatele výztuže. Pilířový štítek lze použít rovněž k podepření stropu v případě, že to situace vyžaduje.

**Lomená pilířová opěra** - slouží k zamezení vypadávání uhlí z uhelného pilíře do pracovního prostoru a do prostoru pohybu osob. Lomená pilířová opěra dovoluje přizpůsobit pomocí válců lomení pilířové opěry svou polohu tak, aby byl styk s uhelným pilířem plošný. Pilířová opěra je zpravidla před průjezdem kombajnu a za pomoci válce pilířové opěry sklopena pod stropnici. Po průjezdu dobývacího stroje musí být pilířová opěra přitlačena k pilíři tak, aby byla maximální plocha pilířové opěry v kontaktu s uhelným pilířem. Pilířová opěra lze použít rovněž k podepření stropu v případě, že to situace vyžaduje.

### 2.1.2 Starší provedení pilířových opěr



*Obr. 2.1 – Staré exempláře umístěné v hornickém muzeu*

Na obr. 2.1 vidíme výztuže, které se používaly v Ostravských dolech. Nyní jsou umístěny v Hornickém muzeu v Petřkovicích. Už tehdy měly výztuže pilířovou opěru, a to různých provedení. Jejich provedení souviselo s mocností dobývaných slojí. Výztuž nejbližší na obrázku je pro menší sloje a nejdále pro větší sloje. U výztuže uprostřed si můžeme všimnout, že tvar pilířové opěry kopíruje úhel mezi stropem a pilířem. Opěra je

ovšem v celku, takže toto provedení je náročnější na výrobu, má větší hmotnost a tím pádem i větší nároky na síly v hydraulických válcích.

### 2.1.3 Současná provedení pilířových opěr

Dnes se snažíme minimalizovat hmotnost výztuže a zachovávat co nejnižší profil stropnice, což můžeme zhlédnout na obrázcích níže. Jsou zde uvedeny příklady výztuží s opěrou v celku, dále výsuvně-klopné provedení a provedení dělené pilířové opěry. Na obr. 2.4 je opěra firmy Bucyrus, její řešení spočívá ve vhodně umístěných otočných bodech mechanismu. Nevýhody spatřujeme ve styčné ploše mezi pilířem a opěrou, která je touto konstrukcí omezena pouze na malou plochu, a sice hranu pilířové opěry.



Obr. 2.2 a 2.3 - výklopně-výsuvná provedení pilířové opěry BMV - 7 a BMV – 9



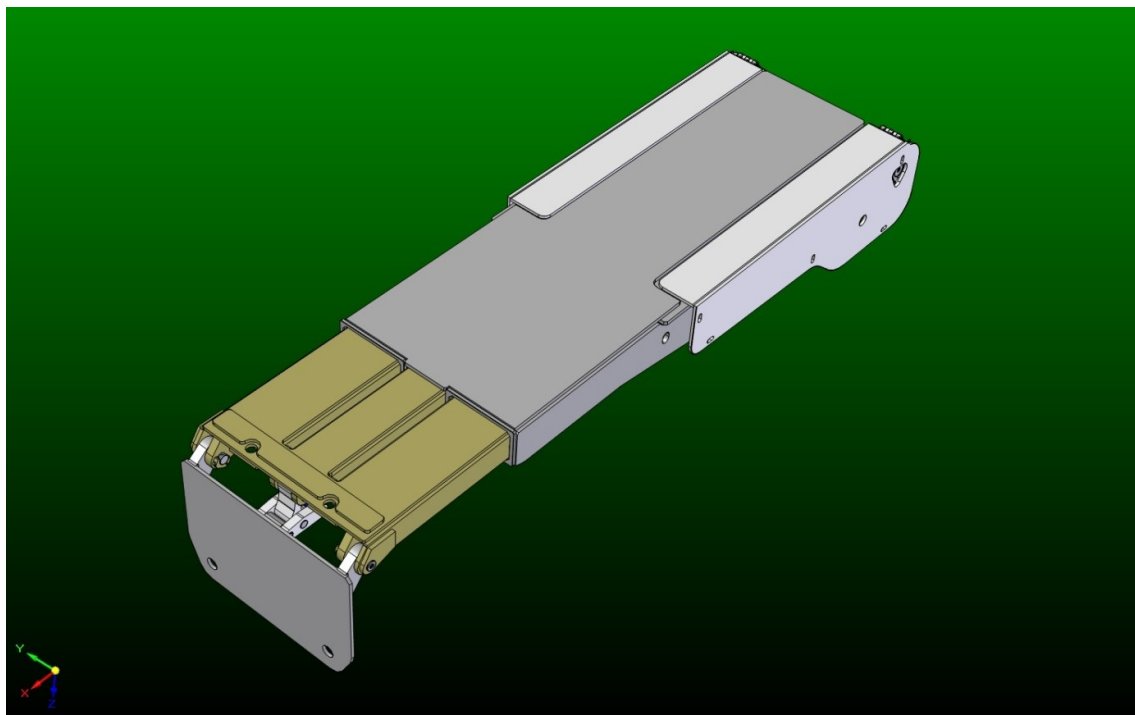
Obr. 2.4 – Pilířová opěra firmy Bucyrus





*Obr. 2.5 – Pevná stropnice s jednodílnou pilířovou opěrou firmy Fazos*

Na Obr. 2.5 je výztuž s pevnou stropnicí a pilířovou opěrou v celku. Nevýhodou této konstrukce je kontakt s pilířem pouze přes hranu opěry, což má za důsledek nestabilní uhlenný pilíř.



*Obr. 2.6 – Pevně výsuvná stropnice*



*Obr. 2.7 – Výsuvná stropnice*

Na Obr. 2.2, 2.3, a 2.6, 2.7 vidíme stropnici ve výsuvném provedení. Tento systém zabezpečuje uhlí pilíř styčnou plochou. Pilířová opěra je přisunuta k pilíři pomocí hydraulických válců uvnitř stropnice, což je náročnější na konstrukci, montáž, i údržbu.

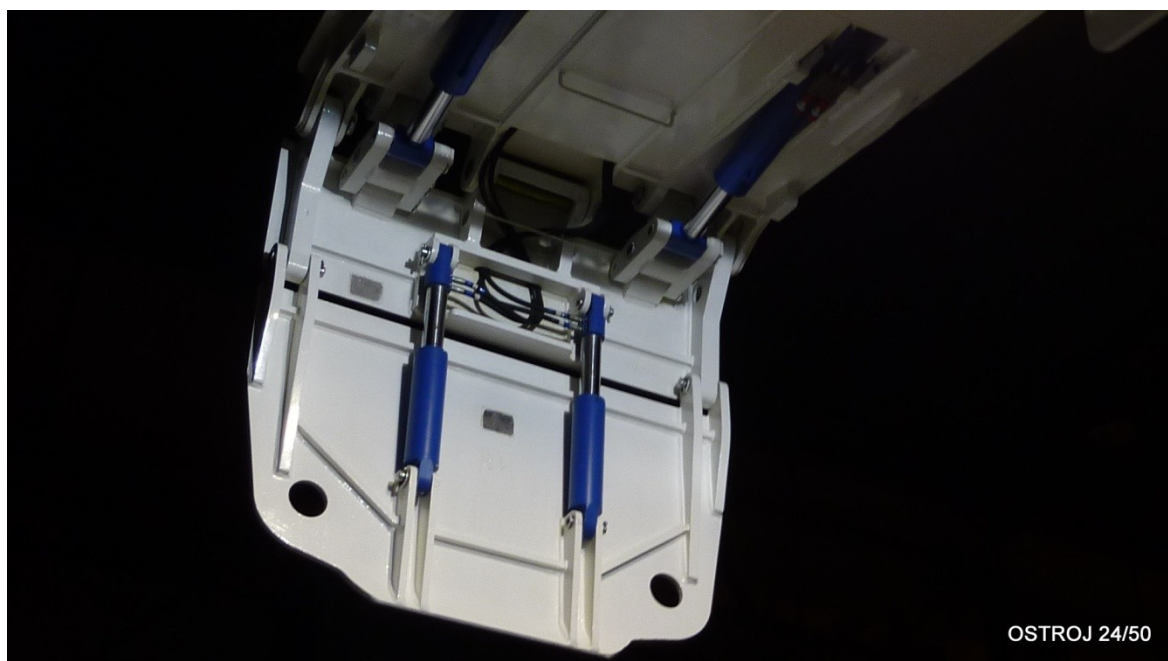
#### **2.1.4 Dělená pilířová opěra**

Dělená pilířová opěra nám umožňuje svou konstrukcí maximálně zvětšit přitlačnou plochu. Pilíř uhlí tak drží lépe pohromadě a snižuje se riziko vystřelování uhlí z uhlénoho pilíře. Tato konstrukce se v posledních letech uplatňuje téměř všude. Na obrázcích vidíme několik příkladů dělené pilířové opěry, jejichž provedení se mírně liší.

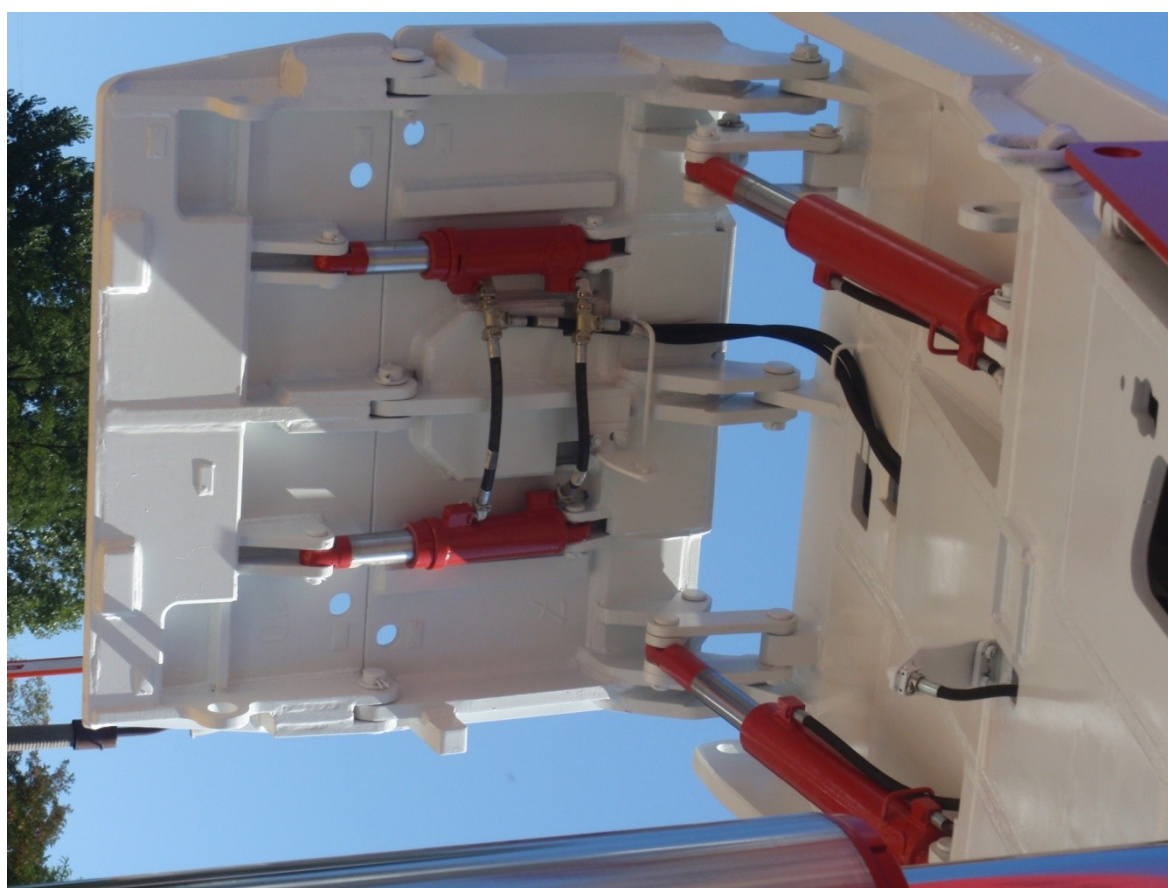


*Obr. 2.8 – Dělená pilířová opěra firmy Ostroj Opava*

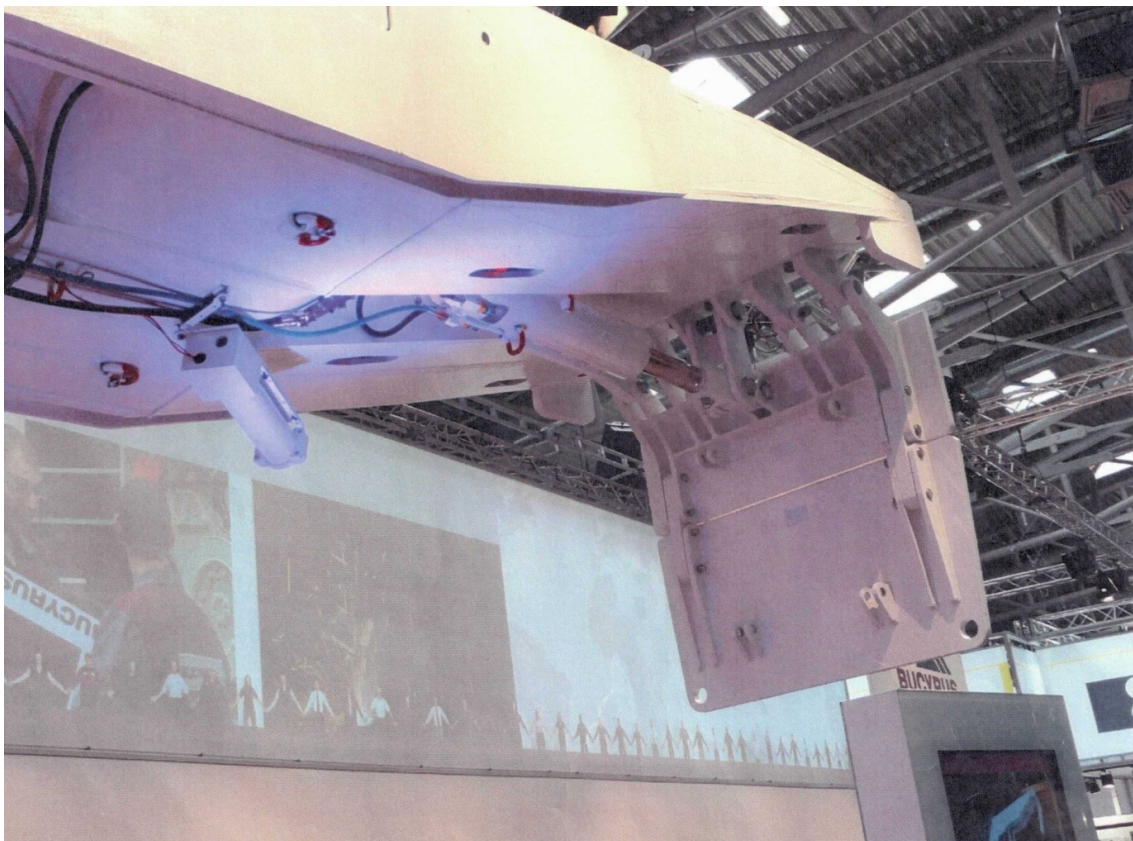




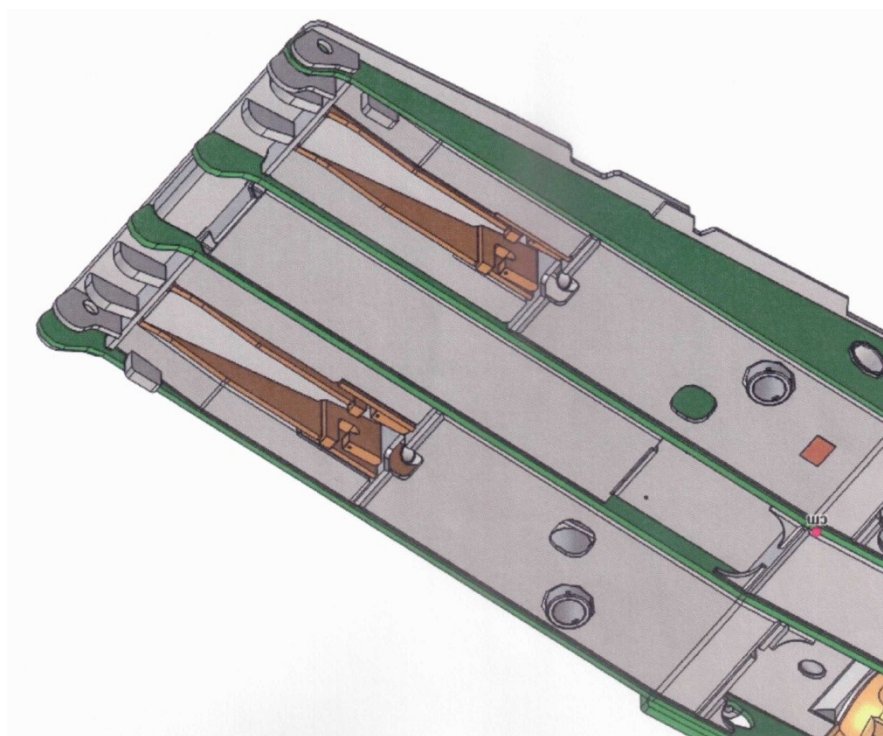
*Obr. 2.9 – Dělená pilířová opěra 24/50 firmy Ostroj Opava*



*Obr. 2.10 – Dělená pilířová opěra polské firmy Glinik*

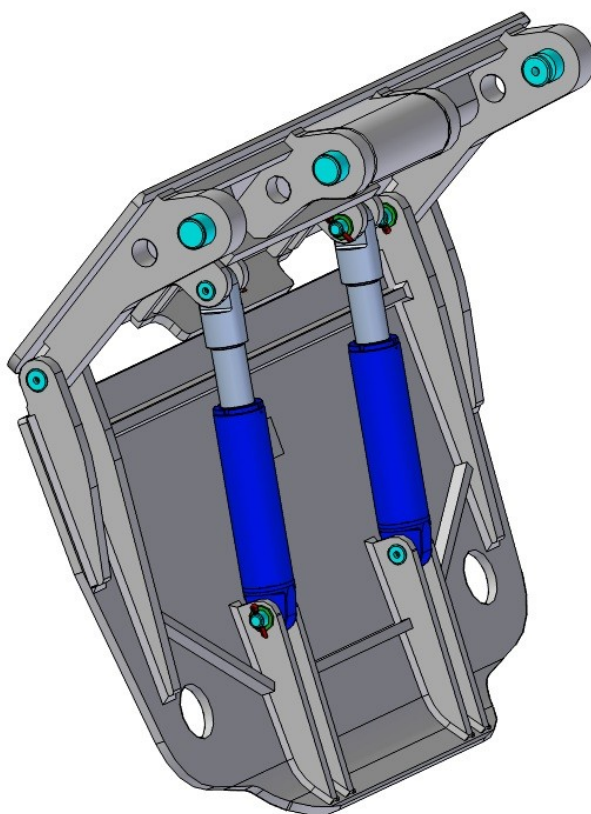


Obr. 2.11 - Dělená pilířová opěra s jedním hydraulickým válcem firmy Bucyrus

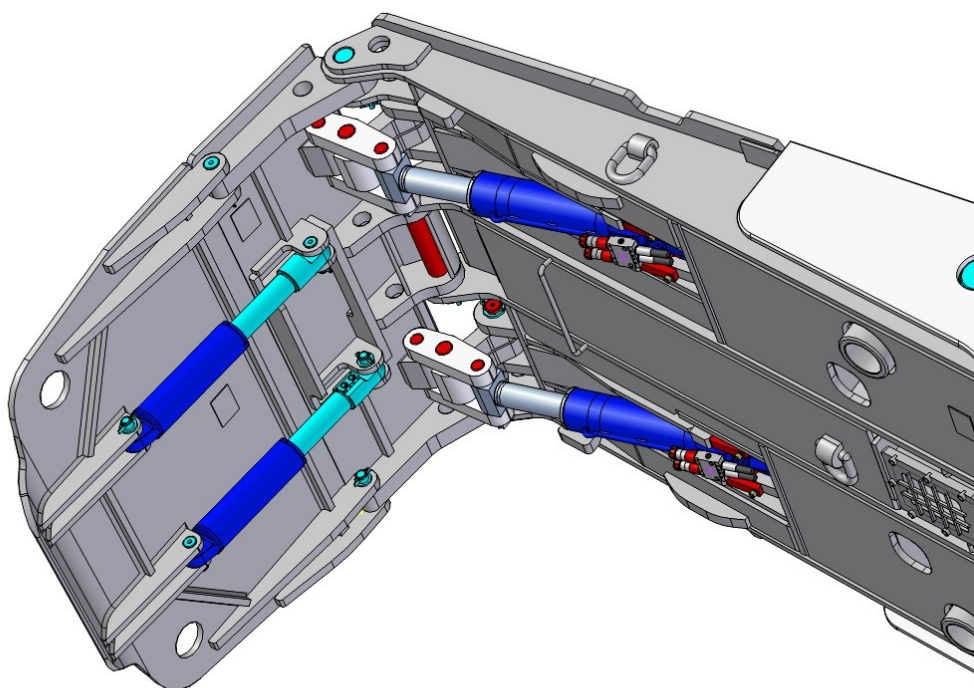


Obr. 2.12 – Ukázka řešení uchycení válců ve stropnici

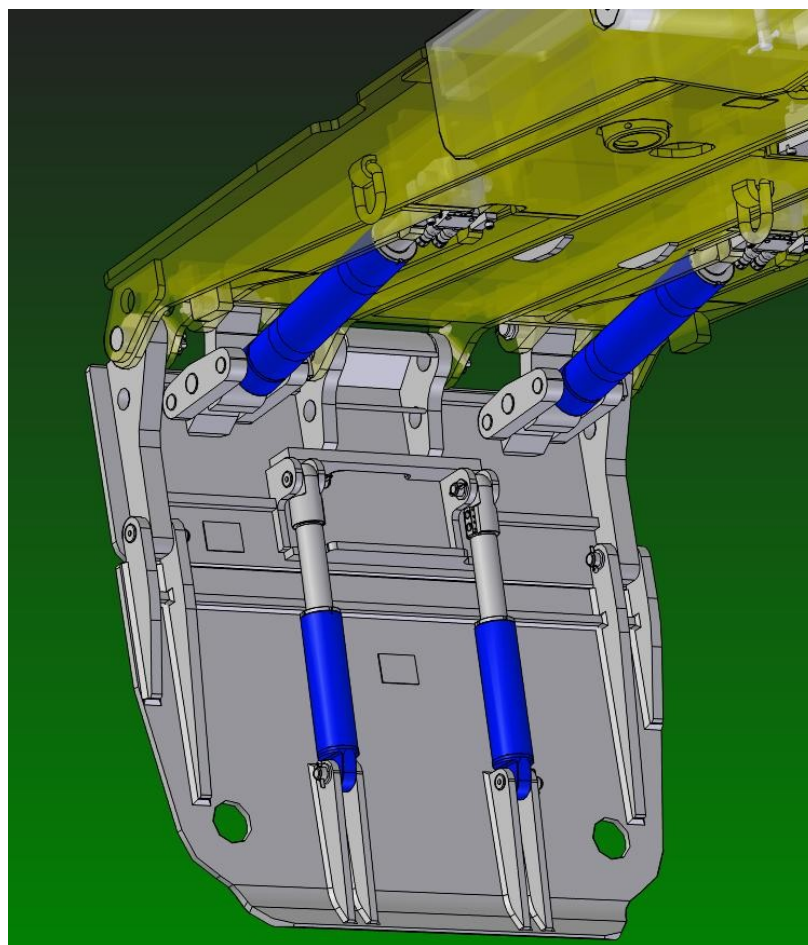




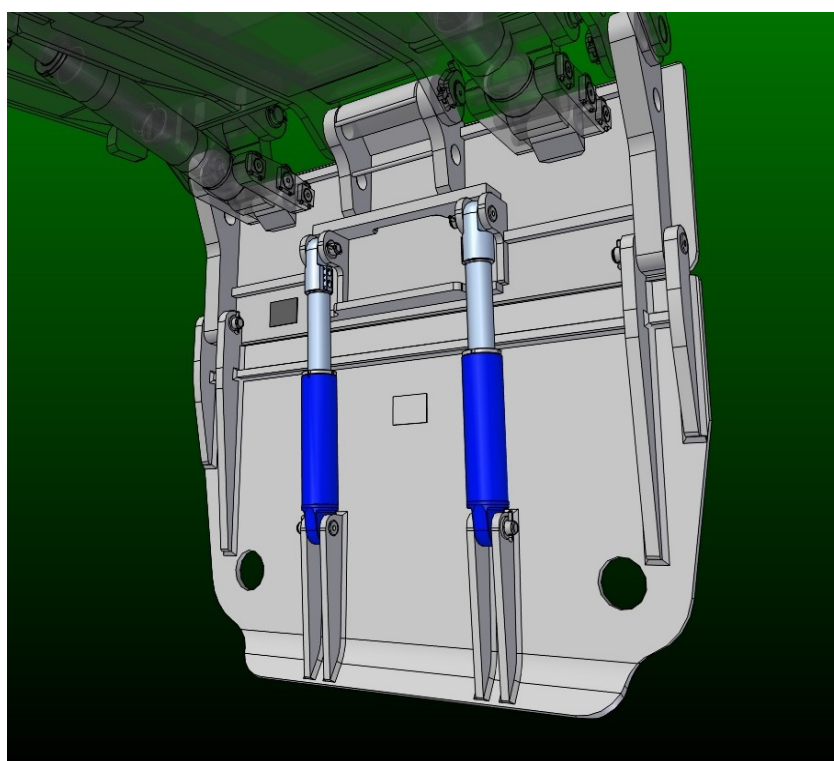
Obr. 2.13 – Dělená pilířová opěra se dvěma hydraulickými válci



Obr. 2.14 – Dělená pilířová opěra – uchycení ke stropnici – pohled 1



Obr. 2.15 – Dělená pilířová opěra – uchycení ke stropnici – pohled 2



Obr. 2.16 – Dělená pilířová opěra se dvěma válci

## 2.2 Zhodnocení a výběr varianty pro konstrukci

Na základě poznatků a konzultací ve firmě OSTROJ Opava jsem se rozhodl pro konstrukci dělené pilířové opěry. Její výhody spočívají v jednoduché konstrukci, údržbě a montáži. Její konstrukce zaručuje plošný styk mezi uhelným pilířem a přední částí pilířové opěry, což zaručuje stabilitu uhelného pilíře. Mechanismus budou uvádět do pohybu tři hydraulické válce. Jeden velký válec bude ovládat zadní část pilířové opěry a druhý a třetí válec budou ovládat přední část pilířové opěry. Podobné provedení můžeme shlédnout na obr. 2.11.

## 3 Koncepční návrh pilířové opěry

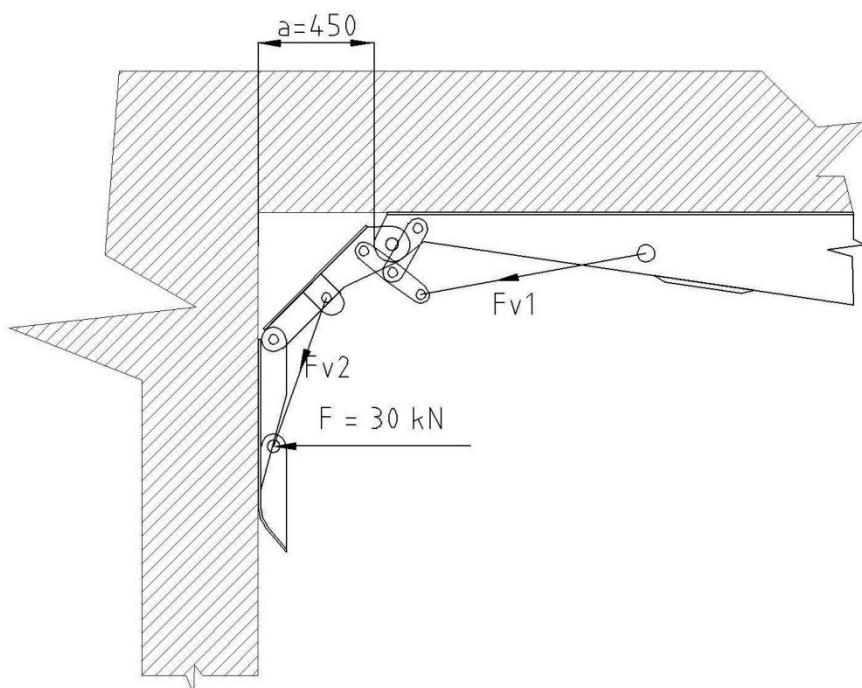
Při navrhování pilířové opěry je nutno zjistit nejprve její kinematiku pohybu, to znamená zjistit, v jakých polohách pracuje.

### 3.1 Rozbor poloh mechanismu

Na obrázcích jsou znázorněny hlavní polohy pilířové opěry v řezu porubem. Opěra pracuje v pracovním cyklu, kdy střídá pracovní a zavřenou polohu.

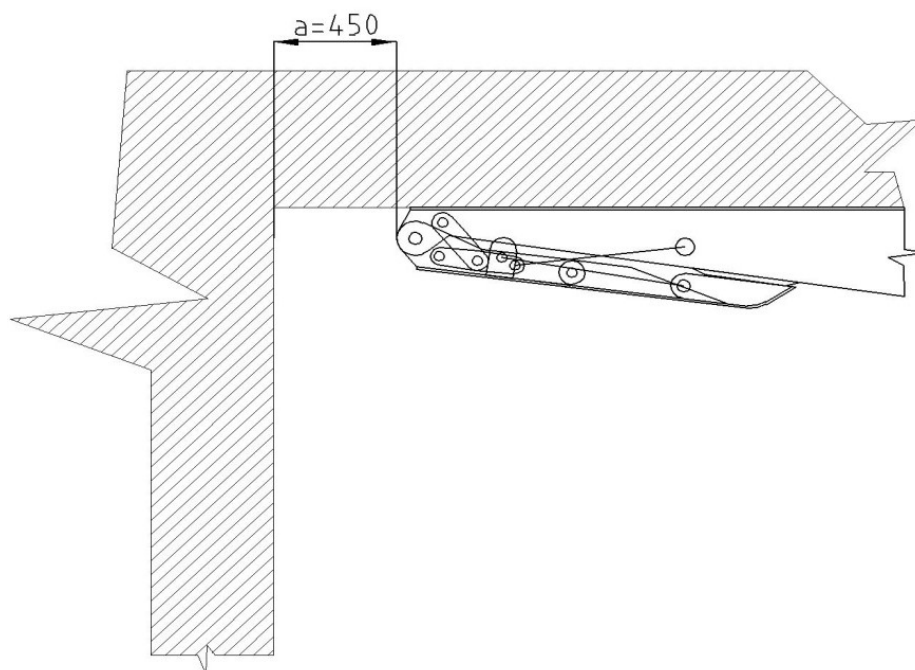
#### 3.1.1 Poloha 1

Tuto polohu nazveme pracovní polohou, protože v této poloze se nachází nejčastěji. V této poloze je opěra přitlačena na uhelný pilíř silou 30kN. Dále je na obrázku zakótován rozměr, daný zadavatelem, firmou Ostroj Opava. Tento rozměr je určující pro konstrukci, kterou navrhuji, a znázorňuje vzdálenost opěry od pilíře, když je opěra v pracovní poloze. Na obrázku jsou zaznačeny i síly  $F_1$  a  $F_2$ , což jsou síly v hydraulických válcích, které je třeba vyvinout.

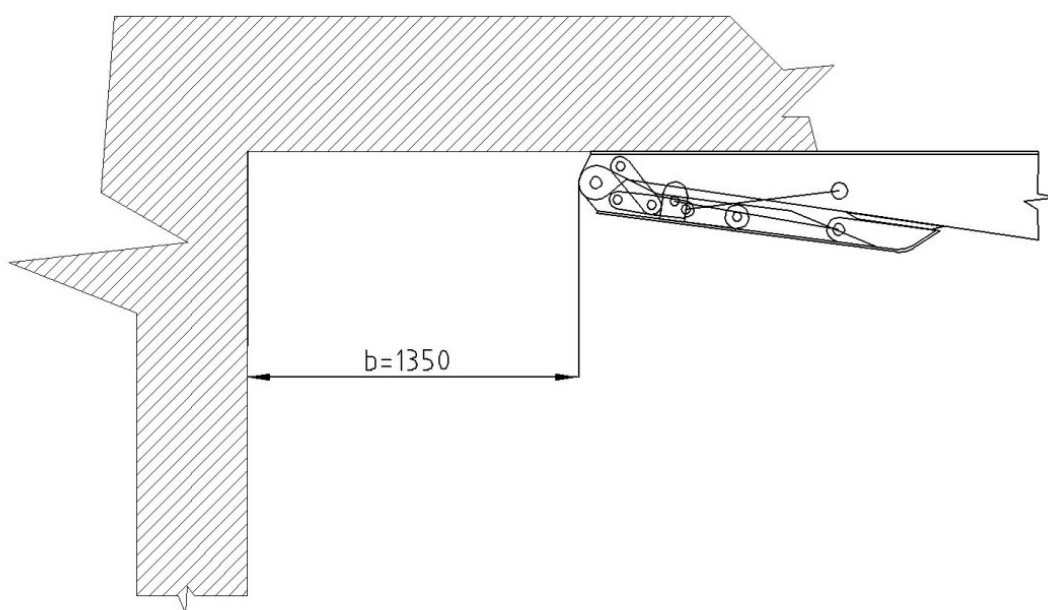


### 3.1.2 Poloha 2

Poloha, kdy je pilířová opěra zavřená a je blízko pilíři. V této poloze se nachází opěra před projetím a během projíždění dobývacího kombajnu, aby nedošlo ke kolizi s rozpojovacími orgány. Po odjetí kombajnu zůstane odtěžený prostor. Tím vzroste vzdálenost k uhelnému pilíři na 1350 mm. K původní vzdálenosti přibyla ještě velikost třísky kombajnu, která je určena rovněž zadavatelem.



Obr. 3.2 – Poloha 2 – zavřena pilířová opěra před průjezdem kombajnu

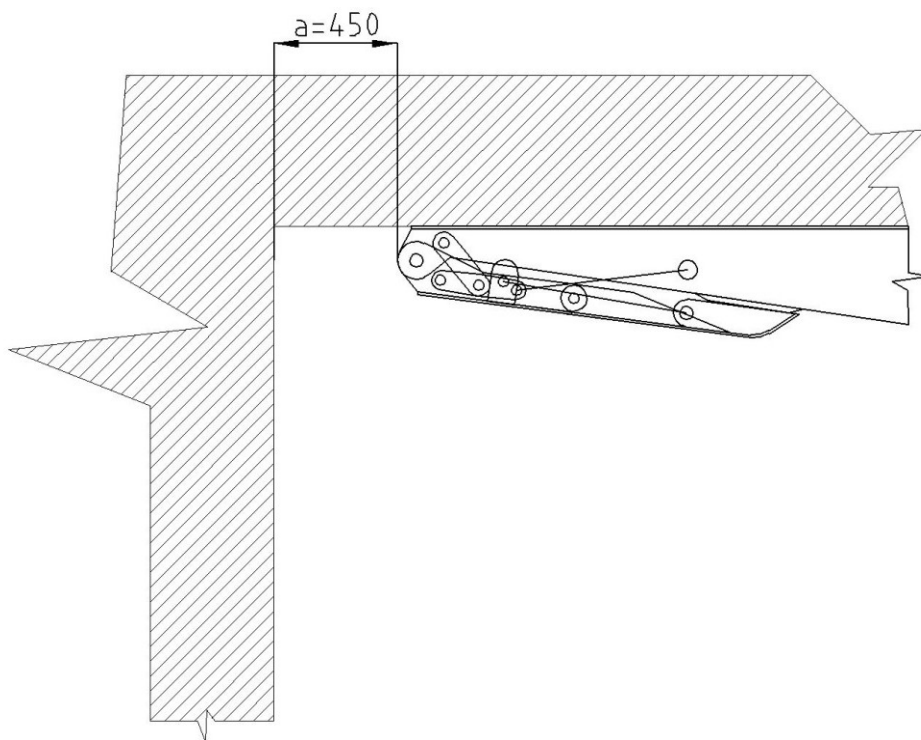




*Obr. 3.3 – Poloha 2 – zavřená pilířová opěra po průjezdu kombajnu*

### **3.1.3 Poloha 3**

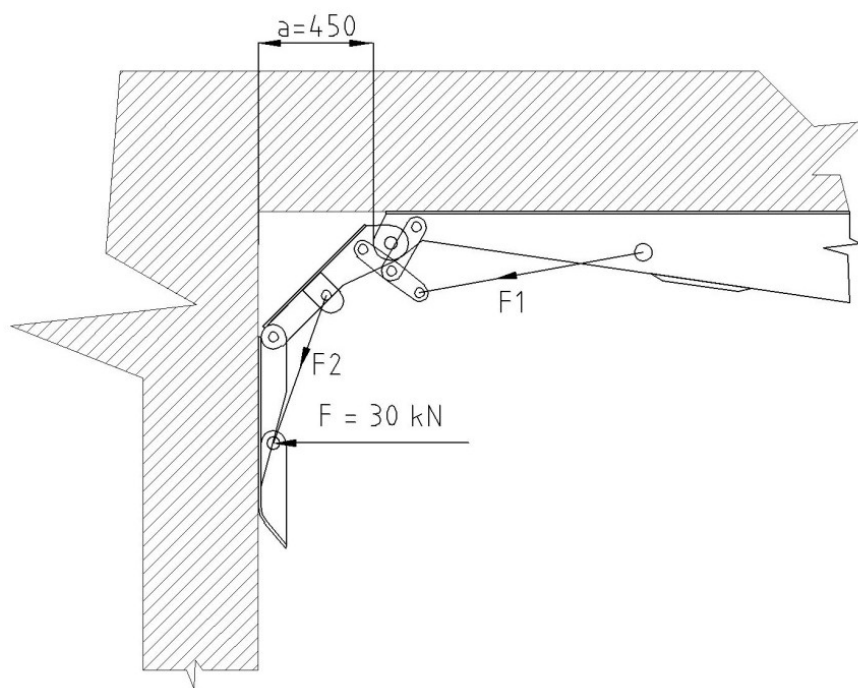
Výztuž se po odjetí kombajnu přisouvá pomocí hydraulického válce opět na vzdálenost 450 mm k pilíři.



*Obr. 3.4 – Opětovné přisunutí výztuže k pilíři po odjetí kombajnu*

### **3.1.4 Poloha 4**

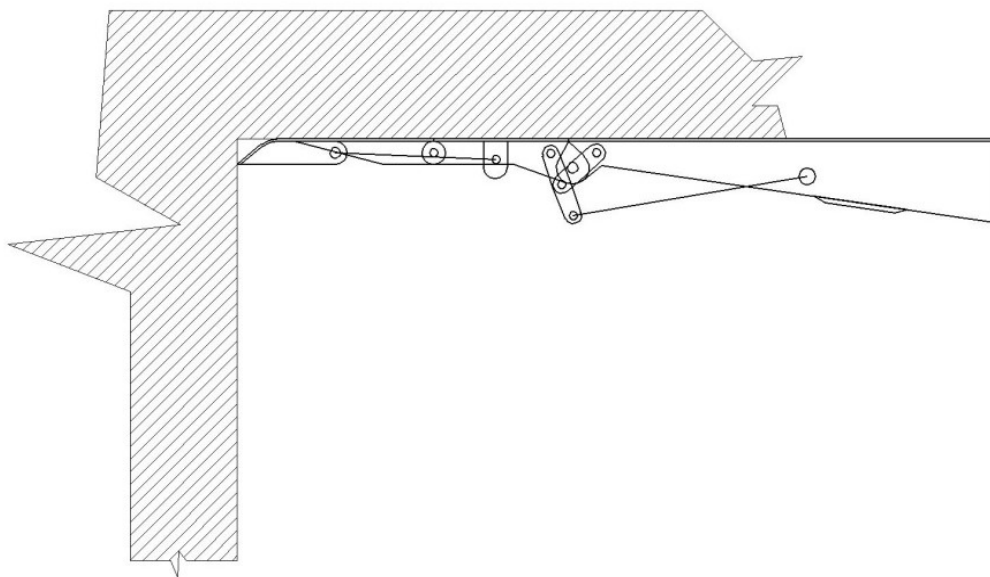
Opět se dostáváme do pracovní polohy. Na pilíř je vyvíjena síla 30kN.



Obr. 3.5 – Opětovné přitlačení na uhelný pilíř

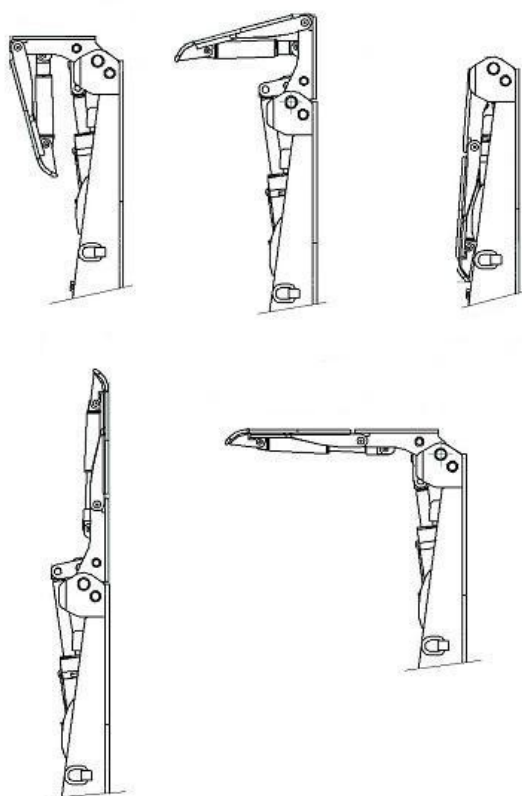
### 3.1.5 Poloha 5

V této poloze pilířová opěra podpírá strop sloje. Dochází k ní, když si to situace vyžaduje. Například při poruše výztuže. Nebo při potřebě dočasně zabezpečit strop sloje.



Obr. 3.6 – Poloha 3 – podepření stropu sloje

### 3.1.6 Přehled poloh, které ještě mohou nastat

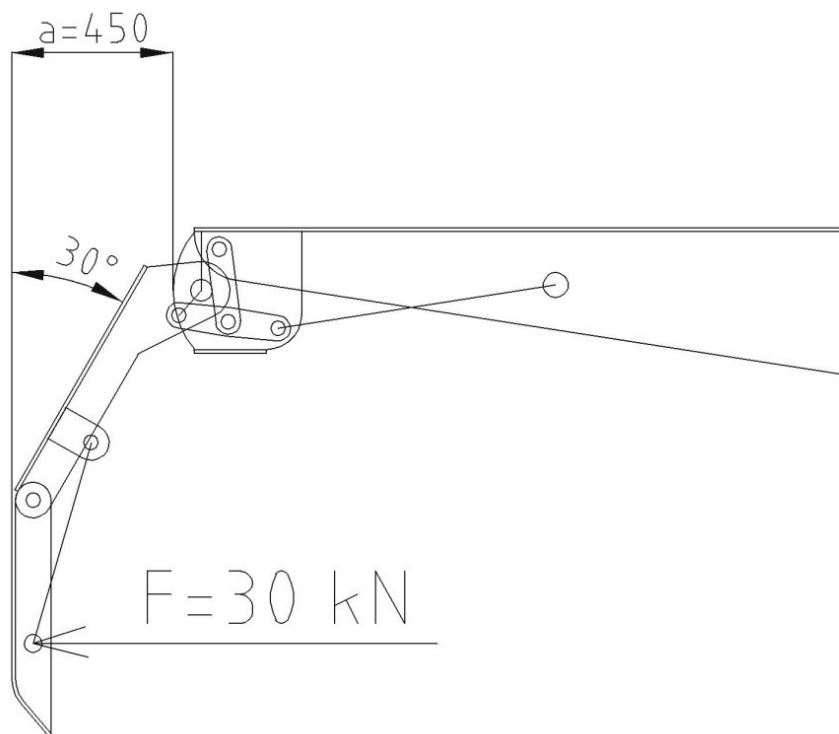


Obr. 3.7 – přehled poloh

### 3.2 Varianty řešení

Na základě konzultace ve firmě OSTROJ Opava budu vybírat ze dvou variant, ve kterých prověřuji výhodnější postavení pilířové opěry z hlediska silového rozložení mechanismu. První varianta bude s delší zadní částí pilířové opěry, a úhlem mezi pilířem a zadní částí pilířové opěry bude  $\alpha = 30^\circ$ . U druhé varianty bude zadní člen pilířové opěry kratší a příklopný úhel bude  $\alpha = 45^\circ$ . Ze dvou řešení vyberu ten úhel, pod kterým budou silové poměry v hydraulických válcích příznivější. Hydraulické válce dimenzuji tak, aby byly oba schopny vyvinout přítláčnou sílu 30kN.

### 3.2.1 VARIANTA I.



Obr. 3.8 - Pilířová opěra přitlačena k pilíři silou 30kN pod úhlem mechanismu 30°

#### 3.2.1.1 Silový rozbor mechanismu

U silového rozboru mechanismu potřebujeme znát všechny směry působících sil. Na základě rozkladu sil do silového trojúhelníku spočítáme síly, potřebné v hydraulických válcích. Tomuto postupu říkáme grafická metoda.

Pracovní postup:

- Vybereme body mechanismu, ve kterých působí síly
- Zjistíme směry sil
- Pomocí rovnoběžek se silami zkonstruujeme silové trojúhelníky
- Ze silových trojúhelníků v příslušném měřítku odečteme neznáme síly ve válcích

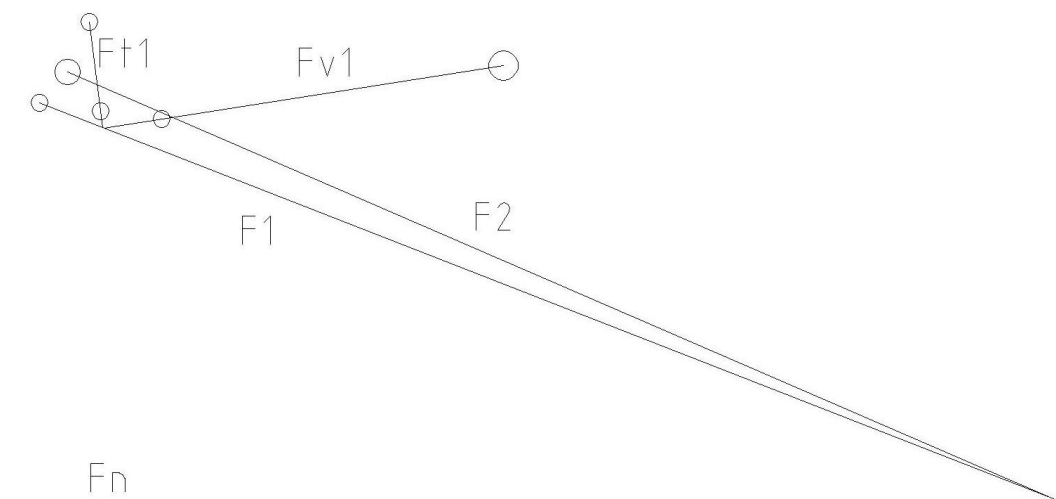
Pro válec č. 1:

Body mechanismu, ve kterých působí síly:



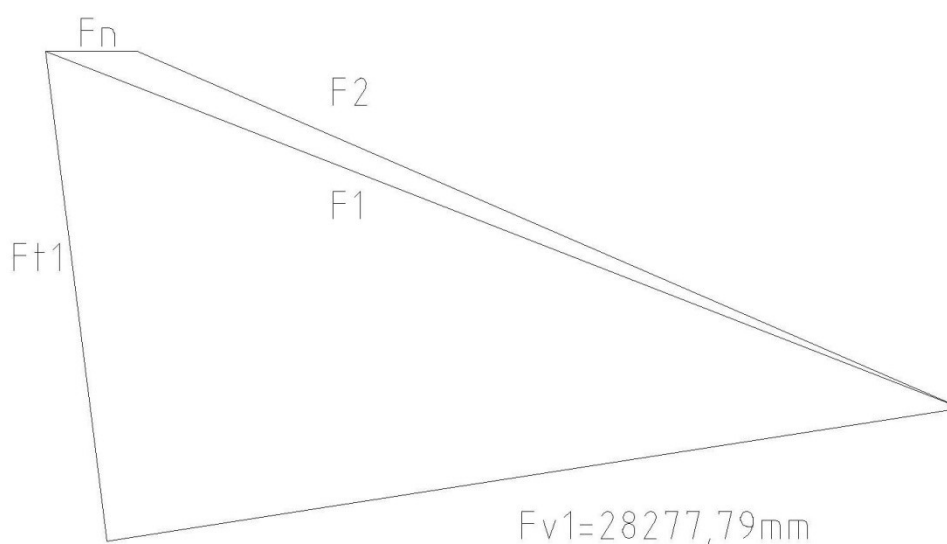
Obr. 3.9 – Body mechanismu s přitlačným úhlem 30°

Směry působících sil:



*Obr. 3.10 – Směry působících sil v mechanismu u prvního válce*

Silové trojúhelníky zkonstruované pomocí rovnoběžek:

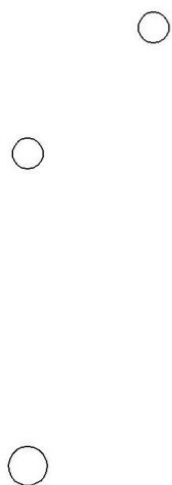


*Obr. 3.11 – Konstrukce silových trojúhelníků v programu AutoCAD při měřítku  
(1kN = 100mm)*

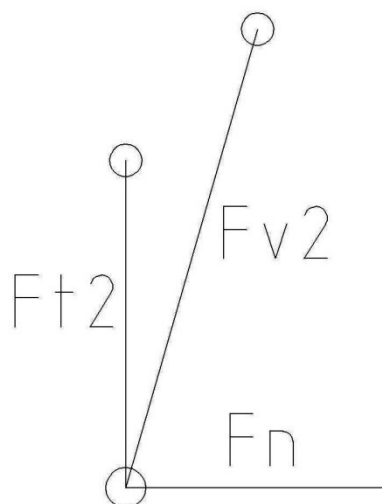
### **Pro válec č. 2**

U tohoto válce je výpočet jednodušší, protože v silovém trojúhelníku mechanismu působí jen tři síly.

Body mechanismu, ve kterých působí síly a směry sil:

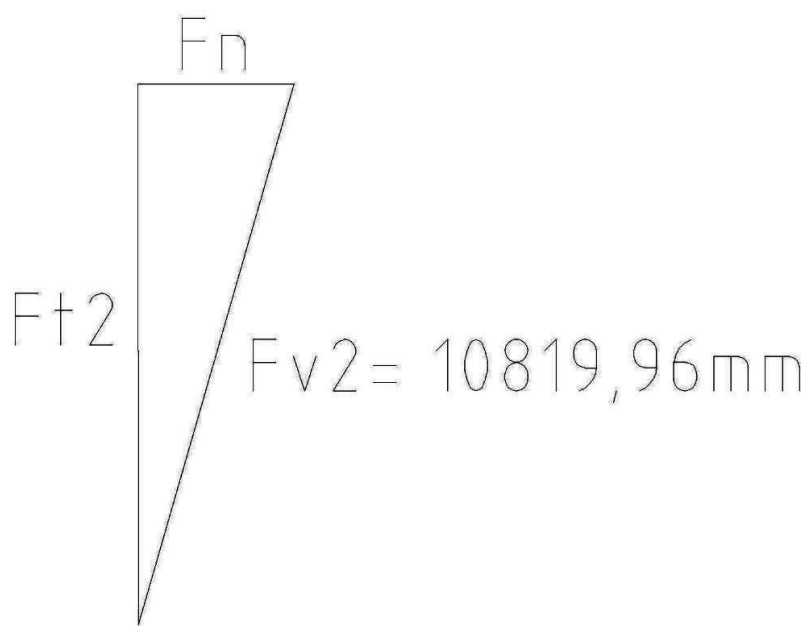


Obr. 3.12 – body mechanismu



Obr. 3.13 směry sil, působících v mechanismu

Silový trojúhelník zkonstruovaný pomocí rovnoběžek:



Obr. 3.14 – Konstrukce silového trojúhelníku v programu AutoCAD při měřítku  
(1kN = 100mm)

Odečtení délek rovnoběžek směrů sil z grafické metody a určení výsledných sil ve válkách:

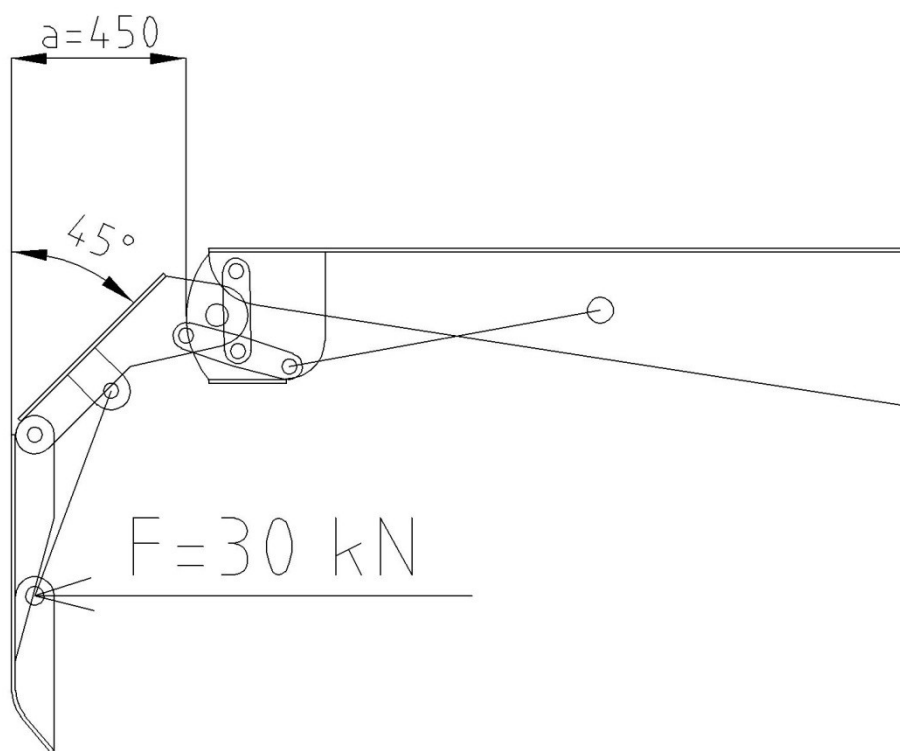
Grafickou metodu a odečet sil jsem provedl v programu AUTOCAD.

Měřítko: 1kN = 100mm

Válec 1:  $F_{v1} = 28277,79\text{mm} \Rightarrow$  Síla ve válci  $F_{v1} = 282,778 \text{ kN}$

Válec 2:  $F_{v2} = 10819,96\text{mm} \Rightarrow$  Síla ve válci  $F_{v2} = 108,199 \text{ kN}$

### 3.2.2 VARIANTA II.



Obr. 3.15 - Pilířová opěra přitlačena k pilíři silou 30kN pod úhlem mechanismu 45°

#### 3.2.2.1 Silový rozbor mechanismu

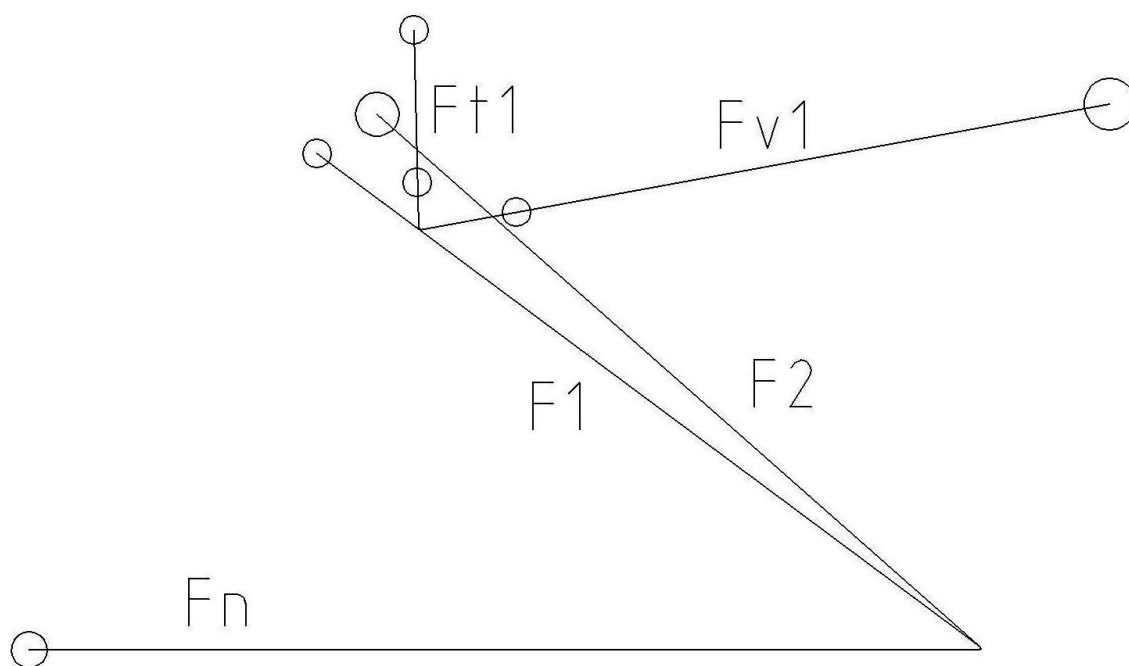
Pro válec č. 1:

Body mechanismu, ve kterých působí síly:



Obr. 3.16 – Body mechanismu s přitlačným úhlem  $45^\circ$

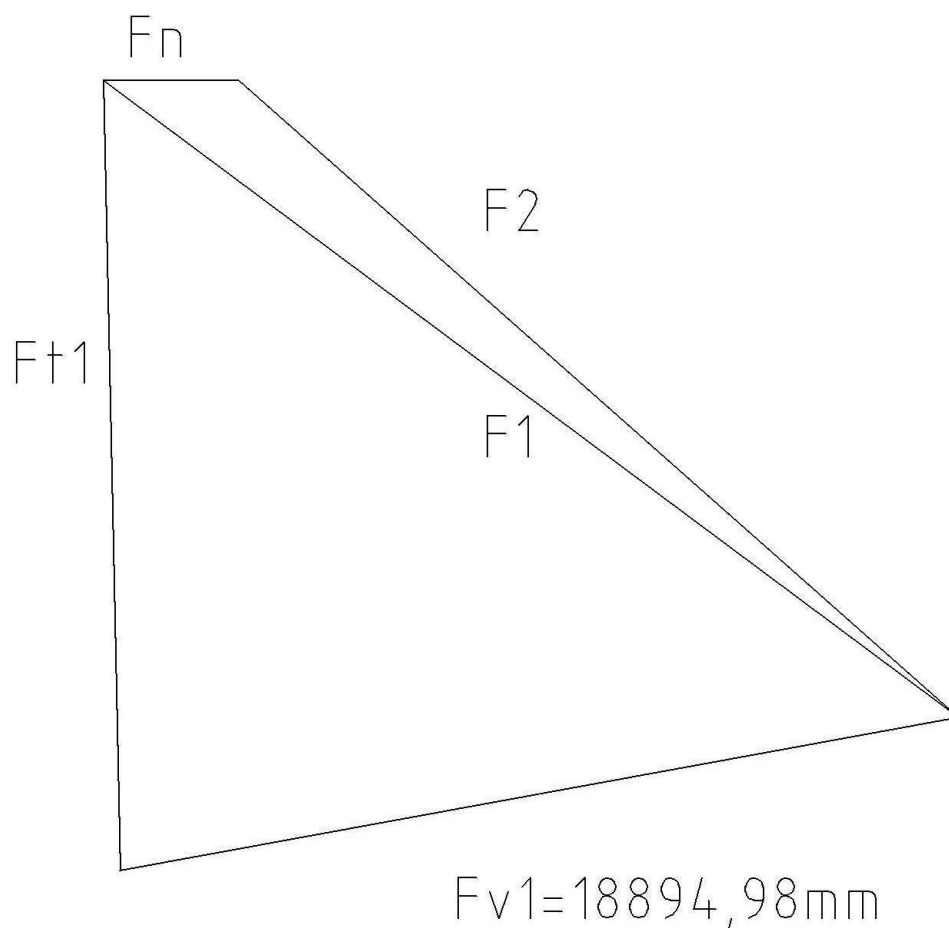
Směry působících sil:



Obr. 3.17 – Směry působících sil v mechanismu u prvního válce

Silové trojúhelníky zkonstruované pomocí rovnoběžek:

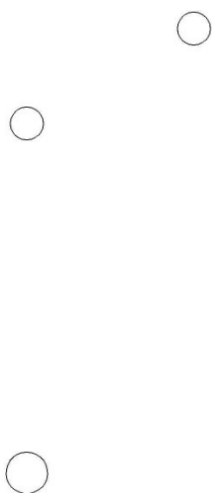




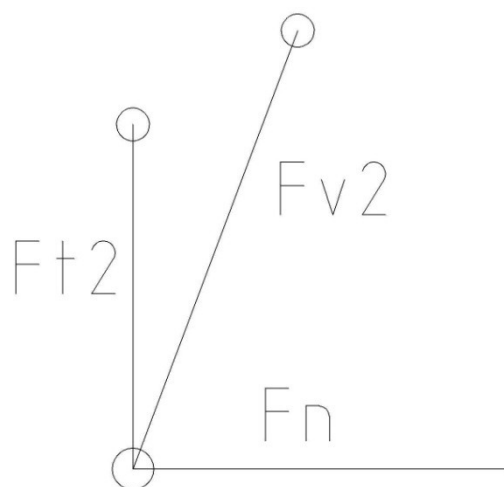
Obr. 3.18 – Konstrukce silových trojúhelníků v programu AutoCAD při měřítku  
(1kN = 100mm)

### **Pro válec č. 2**

Body mechanismu, ve kterých působí síly a směry sil:

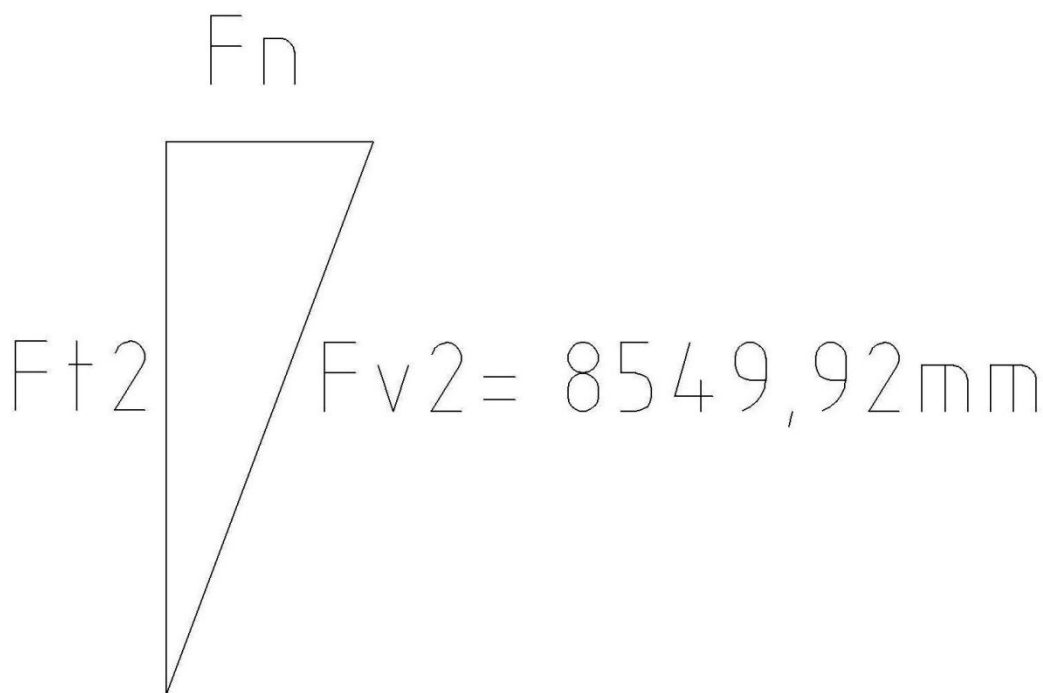


Obr. 3.19 – body mechanismu



Obr. 3.20 - Směry sil, působících v mechanismu

Silový trojúhelník zkonstruovaný pomocí rovnoběžek:



*Obr. 3.21 – Konstrukce silového trojúhelníku v programu AutoCAD při měřítku  
(1kN = 100mm)*

Odečtení délek rovnoběžek směrů sil a určení výsledných sil ve válcích:

Grafickou metodu a odečet sil jsem provedl v programu AUTOCAD.

Měřítko: 1kN = 100mm

Válec 1:  $F_v = 18894,98\text{mm} \Rightarrow$  Síla ve válci  $F_v = 188,95 \text{ kN}$

Válec 2:  $F_v = 8549,92\text{mm} \Rightarrow$  Síla ve válci  $F_v = 85,499\text{kN}$

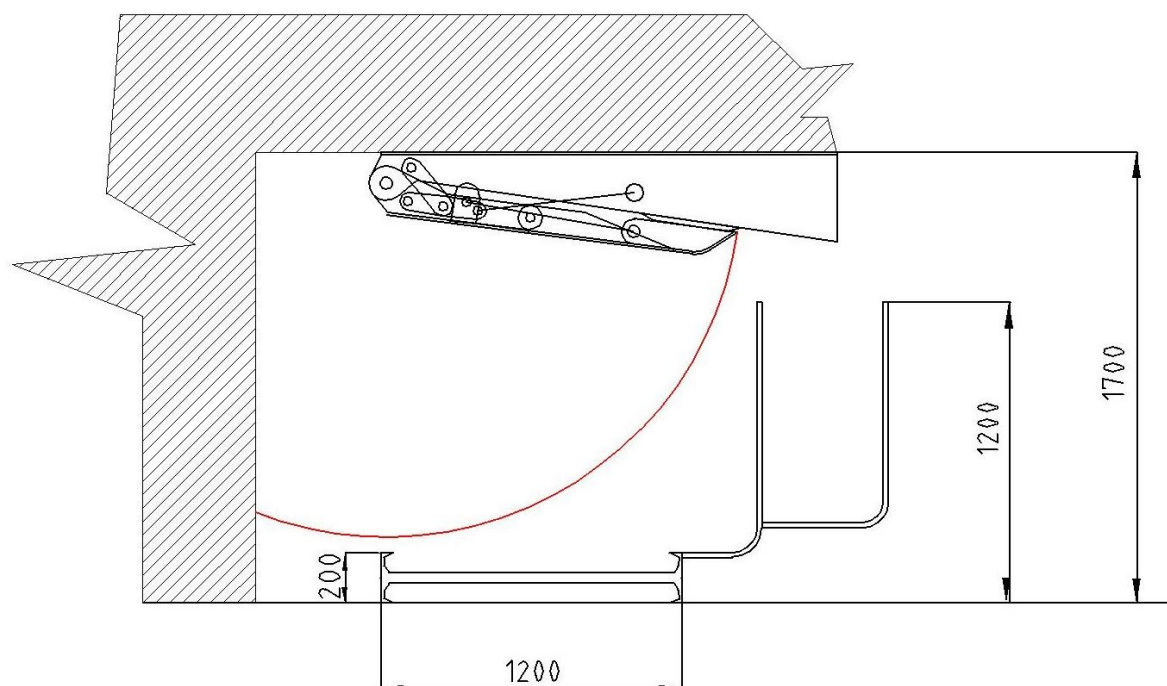
### **3.2.3 SHRUTÍ A VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY**

U výše uvedených výpočtu síly ve válcích zjišťujeme, že je vhodnější varianta II. U prvního válce vyšla potřebná síla zhruba o 100kN menší, u druhého válce přibližně o 20kN, než u varianty I. Příklopný úhel  $45^\circ$  je tedy vhodnější, než úhel  $30^\circ$ . Proto volím variantu II, s příklopným úhlem  $45^\circ$ . Při dalším navrhování bude nutno trochu poupravit rozmístění čepů v mechanismu, z důvodů co nejnižší šířky výztuže v zavřené poloze.

## **3.3 Finální koncepční návrh**

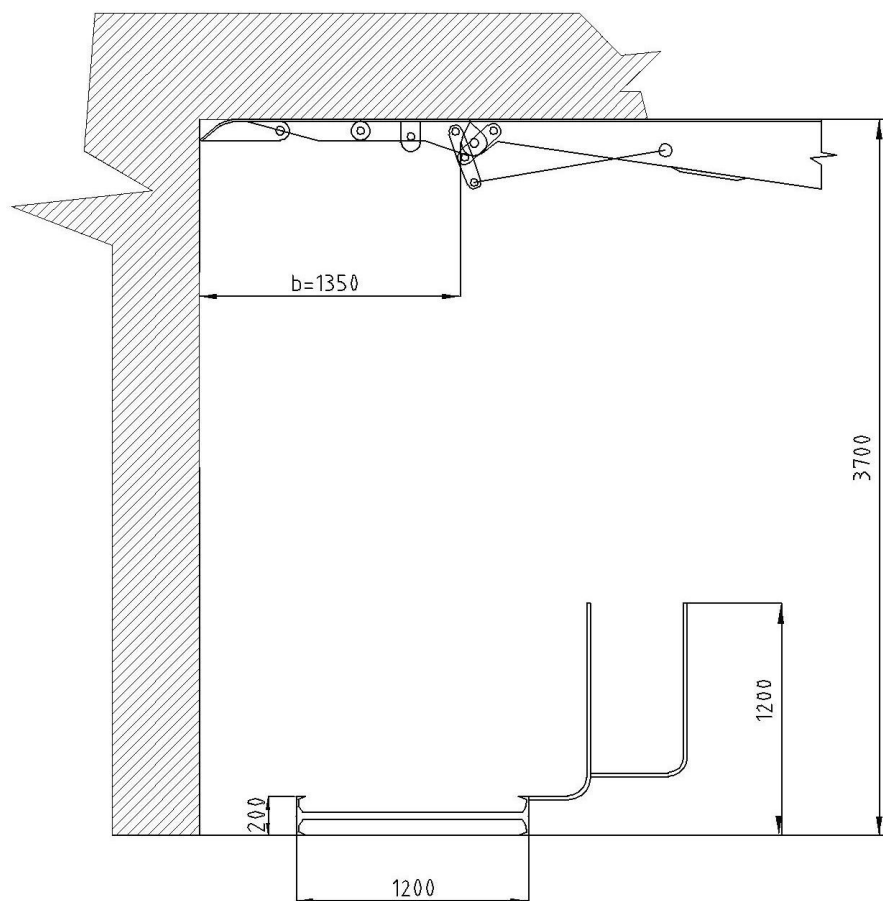
Z předchozích poznatků tedy volím příklopný úhel  $45^\circ$ . Dále jsem upravil umístění čepů, a tím pádem i trochu pozměnil kinematiku pohybu. Vše z důvodu zachování co

nejnižšího profilu stropnice. Při navrhování opět vycházím z parametrů zadavatele, a sice vzdálenosti stropnice od pilíře 450mm, dále rozměry hřeblového dopravníku a ochranného plechu u dopravníku, které jsou zakótovány na obr. 3.22. Další rozměr, který musím zavrhnout do návrhu konceptu je délka pilířové opěry ve vodorovné poloze. Je to totiž poloha, ve které se zavírá a otevírá, proto musím zkontrolovat, zda nedojde při otevírání a zavírání ke kolizi s dopravníkem nebo ochranným plechem. Návrh konceptu je znázorněn na obr. 3.22.

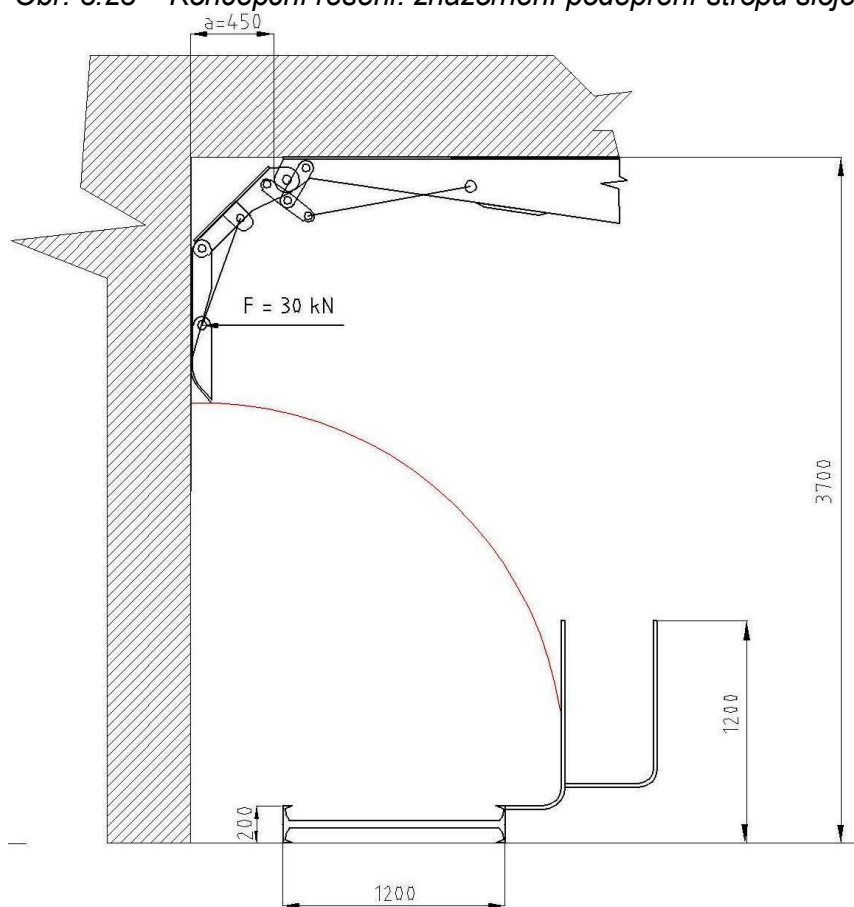


*Obr. 3.22 – Konceptní řešení: znázornění pohybu pilířové opěry ve vodorovné poloze ve sloji vysoké 1,7 metru*

Dalším požadavkem na pilířovou opěru je možnost podepření stropu sloje. K této situaci dochází po odtěžení uhlí v pilíři a je zde určující rozměr zadaný firmou Ostroj Opava a to vzdálenost stropnice od pilíře po projetí kombajnu. Tento rozměr určuje hloubka třísky, respektive šířka rozpojovacích orgánů kombajnu. Tento rozměr je dle zadavatele  $b=1350\text{mm}$ . Na obr. 3.23 je znázorněn můj konceptní návrh v nejvyšší možné poloze a při podpírání stropu sloje. Můžeme si všimnout, že nikde nedochází ke kolizi. Na obr. 2.24 lze vidět směr případného vypadnutí uhlí z pilíře. Můžeme si všimnout, že dopadne na ochranný plech, čili pilířová opěra má vhodnou délku.



Obr. 3.23 – Koncepční řešení: znázornění podepření stropu slouje



Obr. 2.24 – Naznačení případného vypadávání uhlí z pilíře

## 4 Konstrukční návrh mechanismu

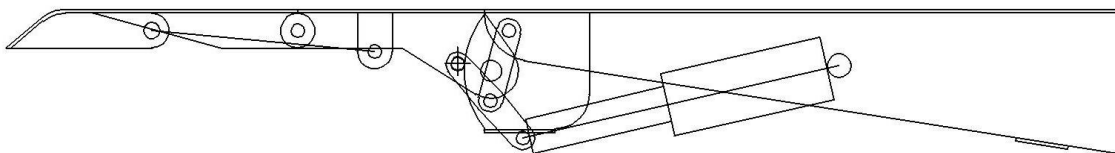
Konstrukční návrh vychází z předchozího koncepčního návrhu. Příklonný úhel volím tedy  $45^\circ$ . Zbytek rozměrů jsem navrhoval podle vzdálenosti  $a=450\text{mm}$  a  $b=1350\text{mm}$ . Což jsou vzdálenosti opěry od uhelného pilíře zadané zadavatelem.

### 4.1 Výpočet sil ve válcích pro nové koncepční řešení

Úvodem výpočtu nového mechanismu se podíváme na původní řešení a pozměníme některé vzdálenosti tak, aby byl zachován co nejnižší profil stropnice.

#### 4.1.1 Původní návrh řešení:

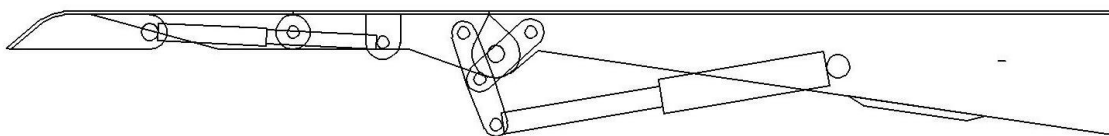
V původním návrhu řešení se ukázalo, že je lepší příklonný úhel  $45^\circ$ . Ten použiju i v novém konstrukčním návrhu. Šířka stropnice je zde ale dost velká.



Obr. 4.1 – Původní orientační návrh

#### 4.1.2 Nové koncepční řešení:

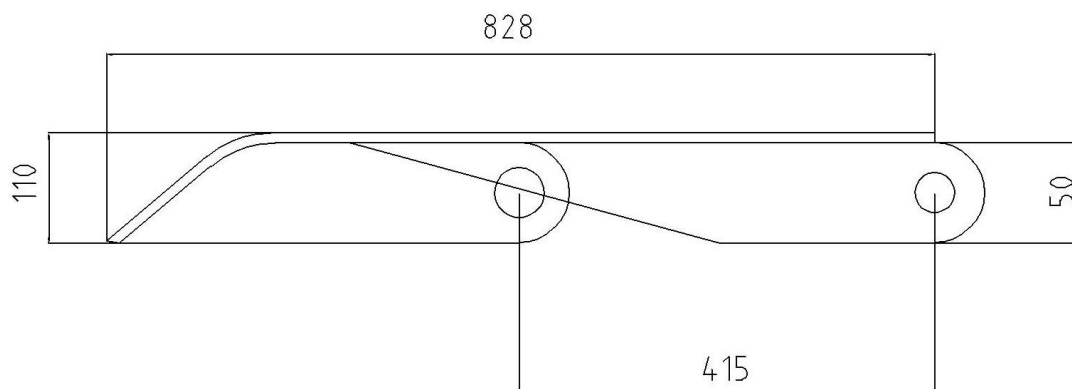
Snížíme profil stropnice na nejnižší možnou hodnotu. Při tomto návrhu musíme brát ohled i na zavřenou polohu pilířové opěry. To z toho důvodu, aby nedošlo ke kolizi hydraulických válců a nějakých částí stropnice a pilířové opěry. Zatím navrhují mechanismus bez ohledu na průměr čepů. Stačí nám zatím jejich poloha. Postupujeme tak, že celý mechanismus dáme do pracovní polohy, kdy svírá s pilířem úhel  $45^\circ$ . Dále vhodně rozmístíme čepy tak, aby byl zachován co nejnižší profil stropnice. Podle rozmístění čepů a vzdálenosti od pilíře dále volíme rozměry jednotlivých dílů. V podzemí se vyskytuje i náhlé dynamické zatížení, proto budu celý mechanismus dimenzovat tak, aby v případě nějakého menšího nahodilého zatížení byl schopen odolat. S tím souvisí rozměry čepů a volba hydraulických válců.



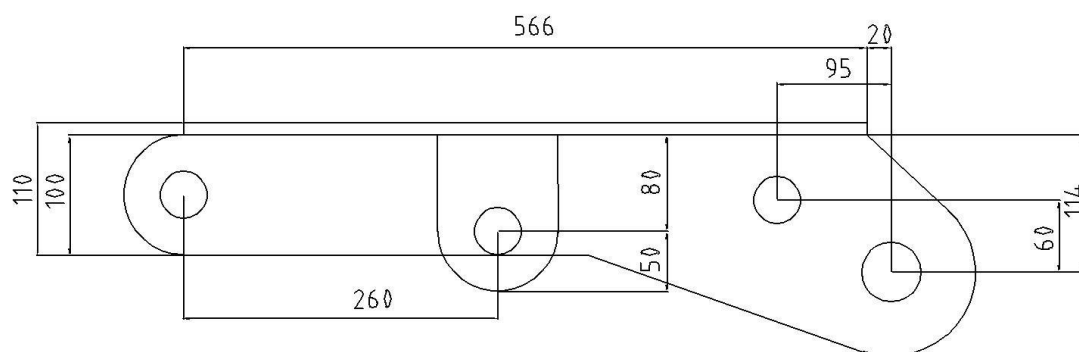
Obr. 4.2 – Nový koncepční návrh

### 4.1.3 Základní rozměry částí pilířové opěry a stropnice

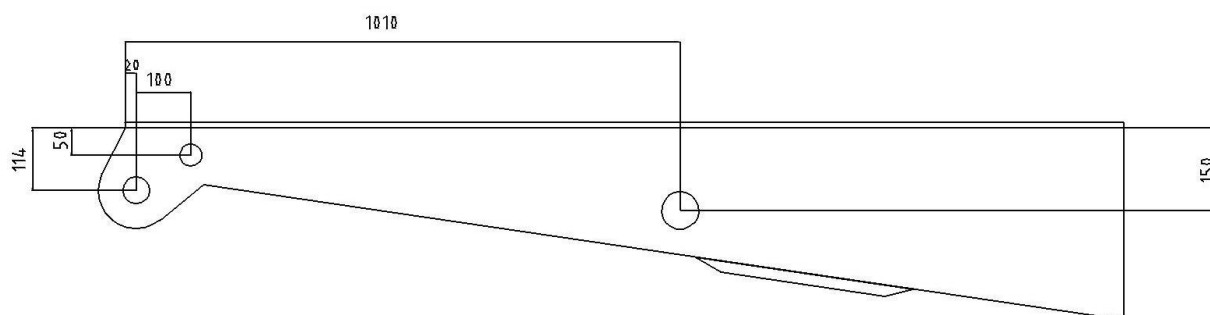
Na níže uvedených obrázcích jsou zakótovány stěžejní základní rozměry dílů, které potřebujeme znát pro konstrukční řešení. Díry pro čepy jsou zde pouze naznačené, jejich rozměry jsou orientační. Proto nejsou zakótované. Při 3D modelování jsem zjistil kolizi, musel jsem proto upravit spojovací členy mechanismu. Upravoval jsem však pouze trochu tvar, stěžejní rozměry zůstaly zachovány. Výsledné konstrukční tvary si můžeme prohlédnout v kapitole 4.3.



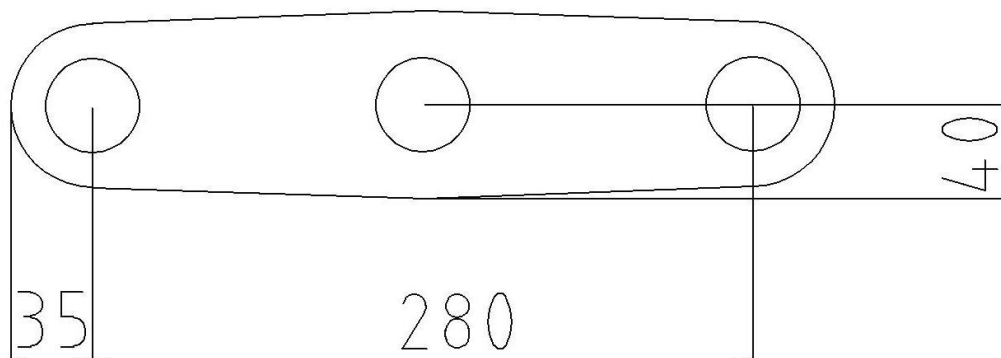
Obr. 4.3 – rozměry přední části pilířové opěry



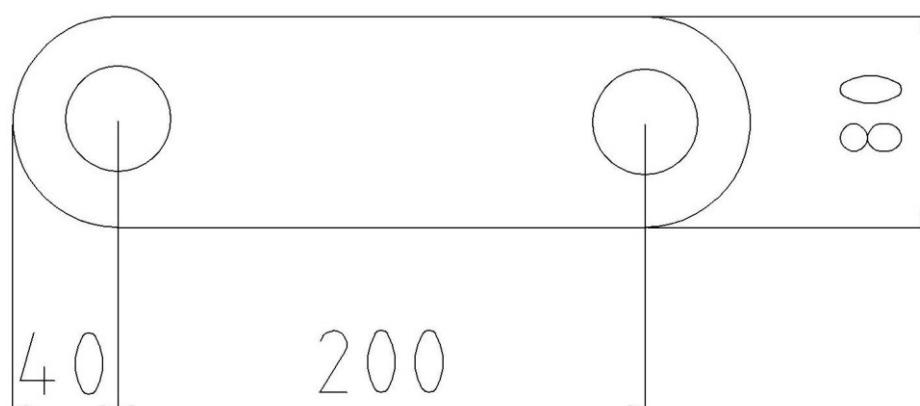
Obr. 4.4 – rozměry zadní části pilířové opěry



Obr. 4.5 – rozměry stropnice



*Obr. 4.6 – rozměry prvního spojovacího členu mechanismu*



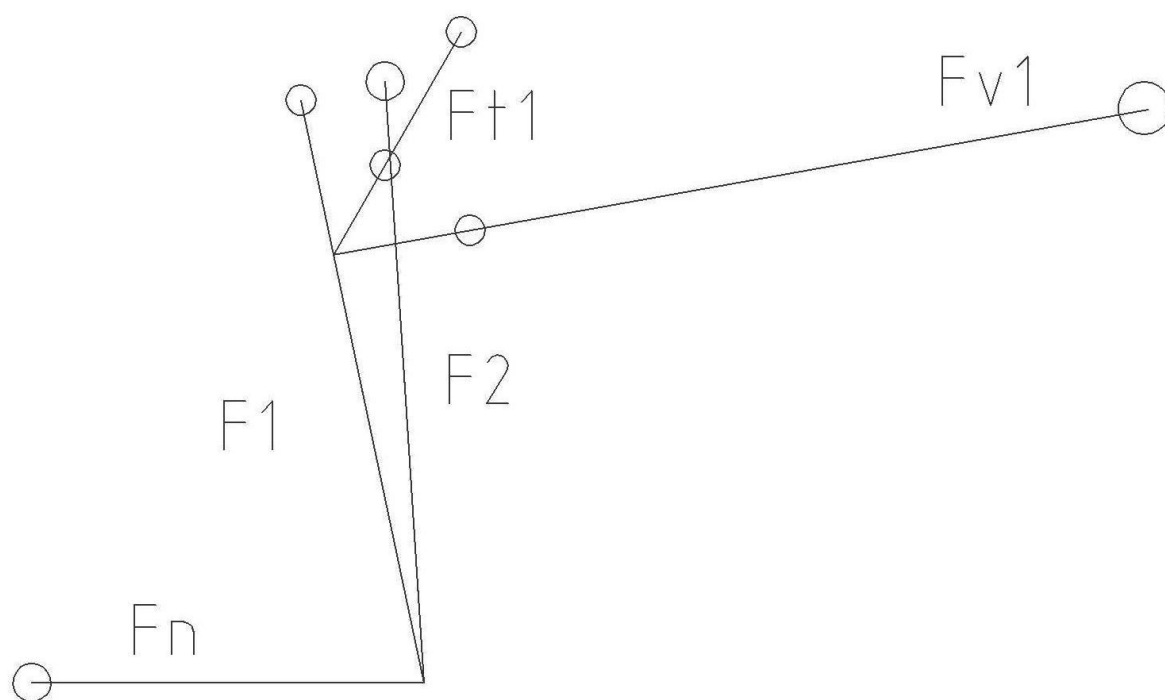
*Obr. 4.7 – rozměry druhého spojovacího členu*

#### **4.1.4 Výpočet silových poměrů pro nově navržené rozměry mechanismu**

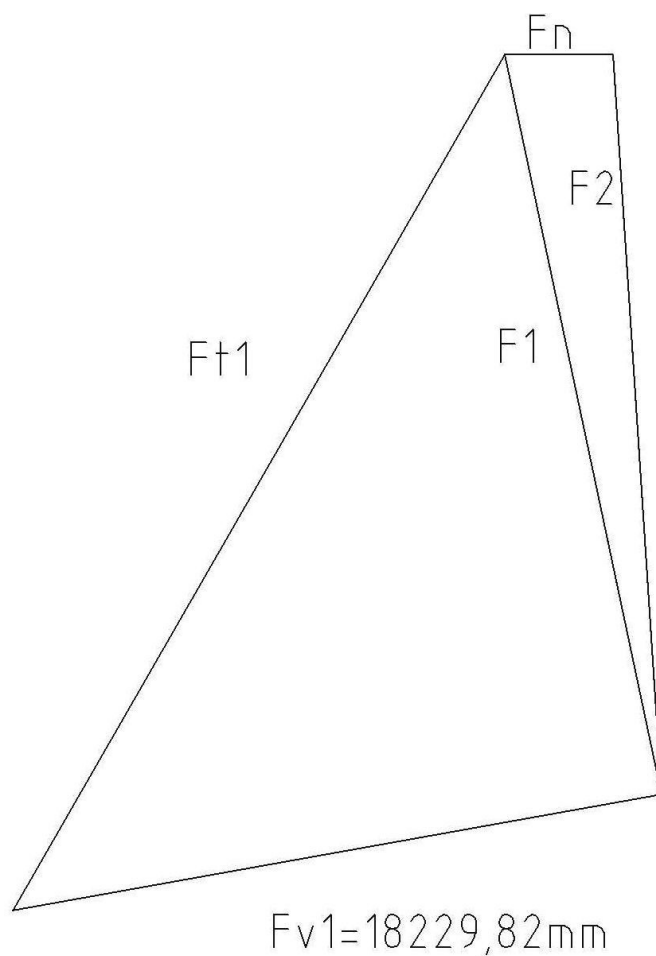
Výpočet je provede grafickou metodou v programu AutoCAD. Podle sil ve válcích určíme i rozměry válců. Poté musíme zkontrolovat, zda v zavřené poloze nedochází ke kolizi s nově navrženým hydraulickým válcem.

- Grafická metoda výpočtu sil ve válcích

1. **Válec:**



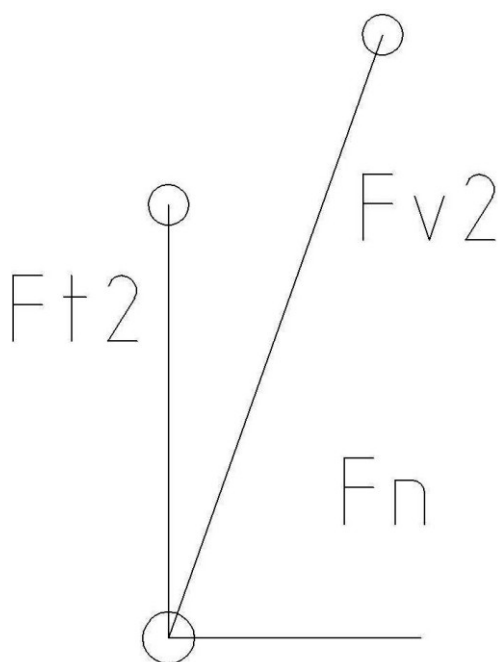
Obr. 4.8 - Rozmístění čepů v mechanismu a směry sil pro 1. válec



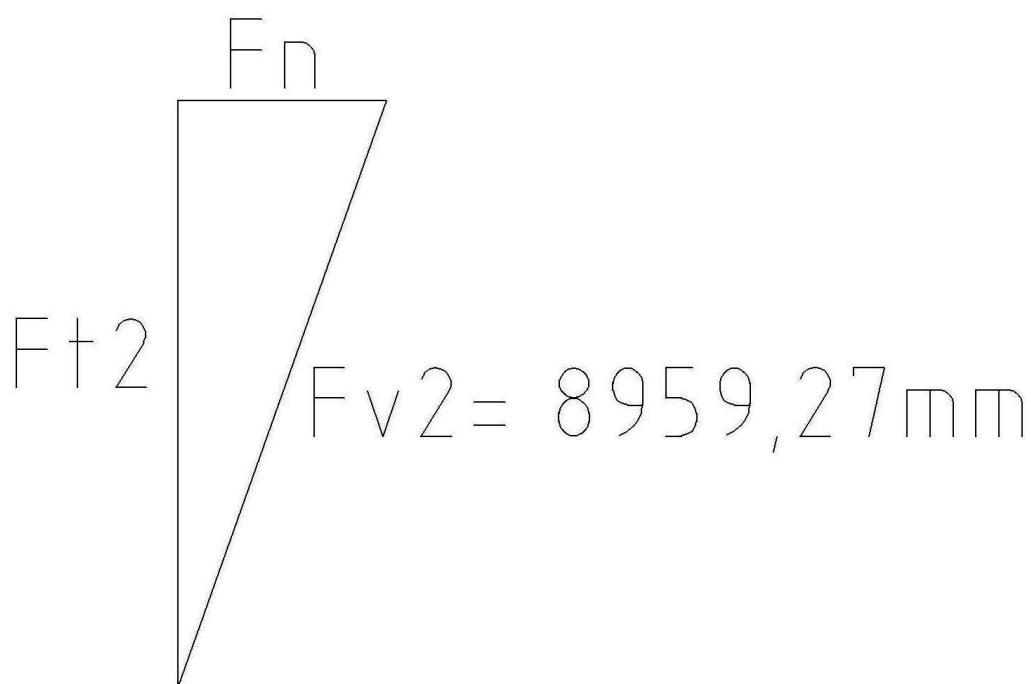
Obr. 4.9 – Velikosti sil v mechanismu v programu AutoCAD při měřítku  $1 \text{ kN} = 100 \text{ mm}$



## 2. Válec:



Obr. 4.10 – Rozmístění čepů v mechanismu a směry sil pro 2. válec



Obr. 4.11 – Velikosti sil v mechanismu 2. Válce ( AutoCAD při měřítku 1kN = 100mm)

Na obr. 4.9 a 4.11 vidíme velikosti sil. Síla ve válci č. 1 vyšla ještě příznivěji, než u orientačního návrhu. U válce č. 2 vyšla trochu vyšší. Je to dáno jiným rozmístěním čepů v mechanismu, aby byl zachován co nejnižší profil stropnice.

### **Výsledné hodnoty sil v mechanismu odečtené ze silových trojúhelníků:**

#### **1. Válec:**

$$F_n: 3000\text{mm} = 30 \text{ kN}$$

$$F_{t1}: 215764,27\text{mm} = 215,8\text{kN}$$

$$F_{v1}: 18229,82\text{mm} = 182,3 \text{ kN}$$

$$F_1: 20951.83\text{mm} = 209,5 \text{ kN}$$

$$F_2: 20541.52\text{mm} = 205,4 \text{ kN}$$

#### **2. Válec:**

$$F_n: 3000\text{mm} = 30\text{kN}$$

$$F_{t2}: 8959,27\text{mm} = 89,593\text{kN}$$

$$F_{v2}: 8442.07\text{mm} = 84,421\text{kN}$$

### **4.1.5 Výpočet průměru válců**

#### **1. Válec:**

— ———

——  
—— ———

#### **2. Válec:**

— ———

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
-mezi přední a zadní částí pilířové opěry volím počet válců  $n=2$ .  
\_\_\_\_\_

Průměr válce je třeba vynásobit součinitelem  $k_v = \langle 1,5; 2,5 \rangle$ . Součinitel v sobě zahrnuje korekci válců s ohledem na vzpěr a s ohledem na menší důlní nahodilá zatížení. S ohledem na bezpečnost a vzpěr tedy volím u válce č. 1 korekční součinitel  $k_v = 1,5$ . U válců č. 2 jsem zvolil korekční součinitel  $k_v = 2,4$ . To z důvodů bezpečnosti při úplném otevření stropnice a podepření stropu sloje. Válce tak mohou vyvinout větší sílu při přitlačení ke stropu sloje a zvýšit tak celkové zabezpečení sloje. Zdvih válců jsem odečetl z konstrukčního návrhu v programu AutoCAD.

Volba hydraulických válců:

#### 1. Válec

$\Rightarrow$  volím hydraulický válec 125/ 95-375

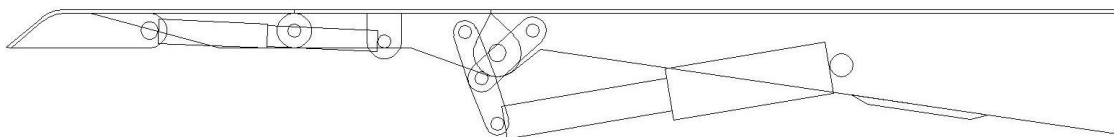
#### 2. Válec

$\Rightarrow$  volím hydraulický válec 70/60 – 236

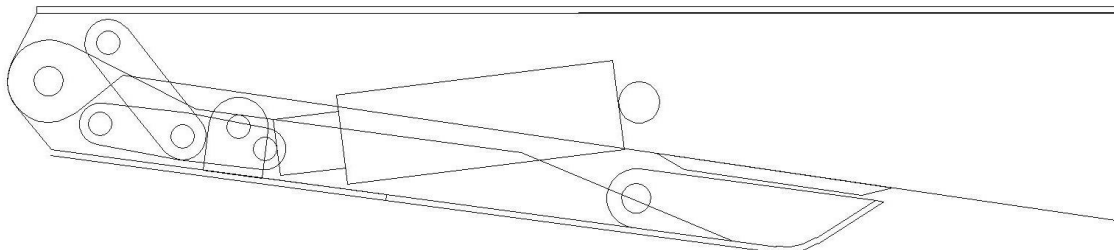
#### 4.1.6 Kontrola kolize

Na obr. 12 je znázorněno, že nedojde ke kolizi malého válce žádnou částí v mechanismu. Na obr. 13 je trochu upravený koncepční návrh v zavřené poloze, kde

vidíme, že ke kolizi velkého válce s horním plechem pilířové opěry a stropnice nedojde. Dle tohoto 2D pohledu mohu začít navrhovat 3D model.



Obr. 4.12 – Ukázka roztažených válců v otevřené poloze



Obr. 4.13 – Mezi velkým válcem a plechem pilířové opěry nedochází ke kolizi

## 4.2 Výpočet čepů v mechanismu

Čepy v tomto mechanismu se dimenzují na střih a otláčení. K ohybu dochází minimálně, rozhodující je napětí ve střihu. Budu navrhovat všechny čepy v mechanismu. Materiál čepů volím 34CrNiMo6. Koeficient bezpečnosti volím  $k = 2$ , součinitel míjivého zatížení  $c_{II} = 0,7$ .

### Vlastnosti oceli 34CrNiMo6:

- Mez kluzu:

Do  $\varnothing 40\text{mm}$ :  $Re = 1250 \text{ MPa}$

Do  $\varnothing 100\text{mm}$ :  $Re = 900 \text{ MPa}$

- Dovolené napětí v tahu:

Do  $\varnothing 40\text{mm}$ :

— —

Do  $\varnothing 100\text{mm}$ :

— —

- Dovolené napětí ve střihu:

Do  $\varnothing 40\text{mm}$ :

Do  $\varnothing 100\text{mm}$ :

- Dovolené napětí na otláčení:

Do  $\varnothing 40\text{mm}$ :

\_\_\_\_\_

Do  $\varnothing 100\text{mm}$ :

\_\_\_\_\_

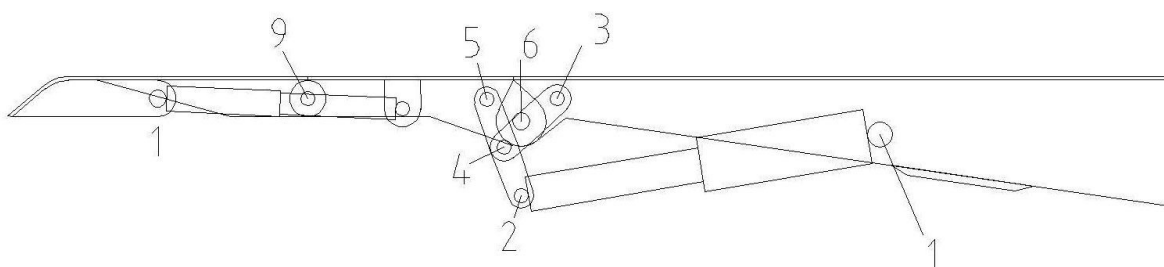
Jelikož jsem hydraulické válce naddimenzoval, musím přepočítat síly v mechanismu, které vzrostly. Větší hydraulické válce totiž vyvinou větší sílu. To provedu tak, že spočtu převáděcí součinitel pro první i druhý válec a vynásobím jimi původní síly, které jsem odečetl ze silových trojúhelníků.

- Výpočet převáděcího součinitele pro 1. válec:

\_\_\_\_\_

- Přepočet sil v mechanismu

Dle normy ČSN EN 1804-1 musí místa (body) pro zachycování sil od stojek a válců být schopny zachytit 1,5 násobek maximálního zatížení tahem nebo tlakem od hydrauliky výztuže, aniž by došlo k nepříznivému ovlivnění jejich funkce. V podzemí se vyskytuje i náhlé dynamické zatížení, při kterém dochází k přetížení mechanismu. Proto budu celý mechanismus dimenzovat tak, aby v případě nějakého menšího nahodilého zatížení byl schopen odolat.



Obr. 4.14 – Rozmístění čepů v mechanismu



#### 4.2.1 Čep č. 1 a č. 2

$$F = F_{v1} = 283841\text{N}$$

$$s = 70$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení:

\_\_\_\_\_

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na stříh:

\_\_\_\_\_

Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 50mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

#### 4.2.2 Čep č. 3 a č. 4

$$F = F_{t1} = 336000\text{N}$$

$$s=40$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení:

\_\_\_\_\_

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na stříh:

\_\_\_\_\_

Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 52mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

#### 4.2.3 Čep č. 5

$$F = F_1 = 326200\text{N}$$

$$s=40$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení :

\_\_\_\_\_

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na střih:

$$\frac{F}{\tau} = \frac{\pi d^2}{4}$$

Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 50mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

#### 4.2.4 Čep č. 6

$$F = F_2 = \quad N$$

$$s = 40$$

$$\text{Počet čepů: } n = 4$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení:

$$\frac{F}{\sigma} = \frac{\pi d^2}{4}$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na střih:

$$\frac{F}{\tau} = \frac{\pi d^2}{4}$$

Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 50mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

#### 4.2.5 Čep č. 7 a č. 8

- Výpočet převáděcího součinitele:

$$\frac{F}{\sigma} = \frac{\pi d^2}{4}$$

- Přepočet sil v mechanismu

$$F=F_{v2}= 222728\text{N}$$

$$s=22$$

$$\text{počet čepů: } n=2$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení :

\_\_\_\_\_

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na stříh:

\_\_\_\_\_

Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 30mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

#### 4.2.1 Čep č. 9

$$F=F_{12}= 209929\text{N}$$

$$s=30$$

$$\text{počet čepů: } n=2$$

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na otláčení :

\_\_\_\_\_

Výpočet minimálního průměru čepu s ohledem na stříh:

\_\_\_\_\_

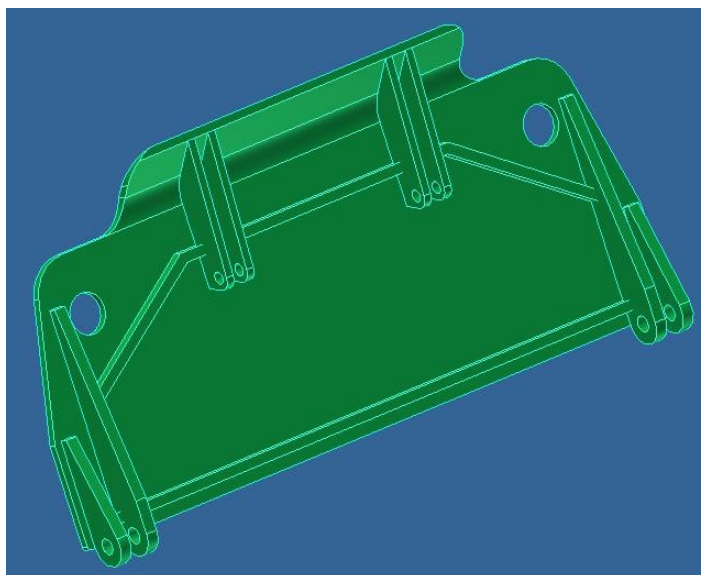
Dle ČSN EN 1804-1 Volím průměr čepu 40mm, protože výsledný průměr čepu musí být minimálně 1,5 krát větší než vypočtený.

### 4.3 Výsledný konstrukční návrh

V této kapitole je stručný rozbor jednotlivých třech svařenců a pohybového mechanismu. Vše je modelováno v programu Inventor. Materiál svařenců volím S690. Spoje mezi svařenci a spoje u hydraulických válců jsou řešeny čepy s hlavou a z druhé

strany jsou zajištěny závlačkou. U některých spojů bychom nemohli použít čep s hlavou kvůli nedostatku místa, proto jsem zvolil čep bez hlavy, z obou stran zajištěn závlačkou.

#### 4.3.1 Svařenec přední části pilířové opěry

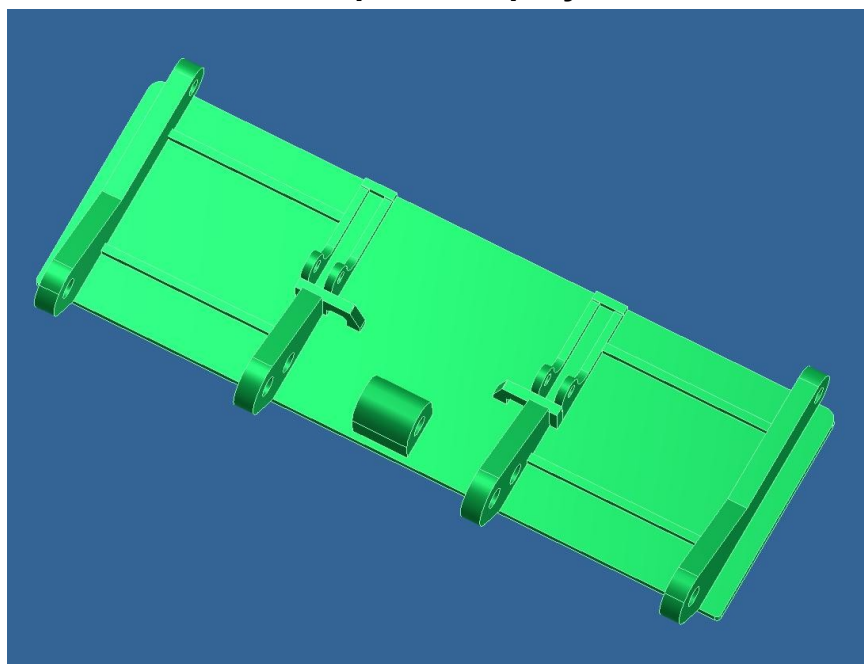


Obr. 4.15 – Svařenec přední části pilířové opěry

##### Díly:

- Plech o tloušťce 20mm,
- Úchyty pro uchycení zadní části pilířové opěry
- Úchyty pro menší válce
- Žebra zajišťující větší pevnost konstrukce

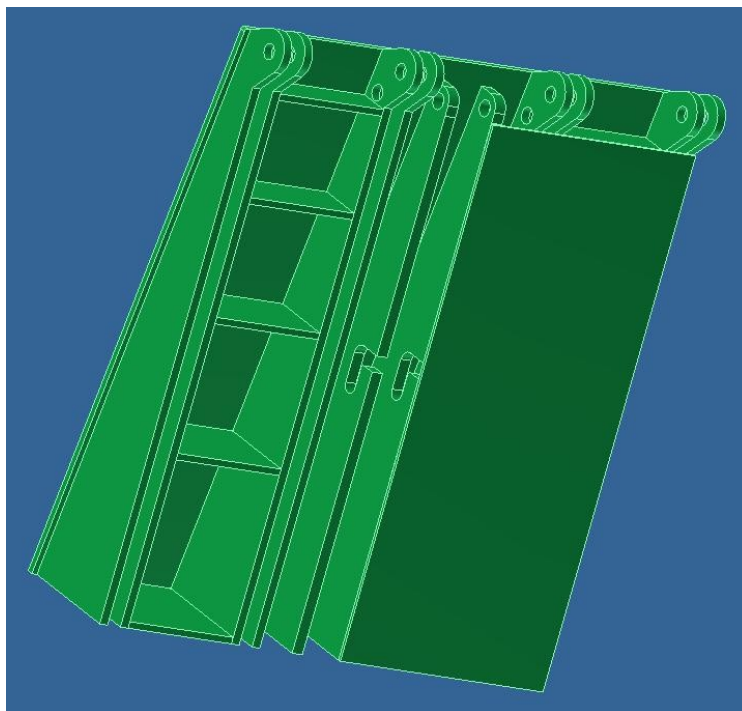
#### 4.3.2 Svařenec zadní části pilířové opěry



Obr. 4.16 – Svařenec zadní části části pilířové opěry

**Díly:**

- Plech o tloušťce 20mm
- Úchyty pro přední část pilířové opěry a pro stropnici
- Úchyty pro hydraulické válce
- Žebra vyztužující konstrukci
- Úchyt pro hydraulické hadice

**4.3.3 Svařenec stropnice**

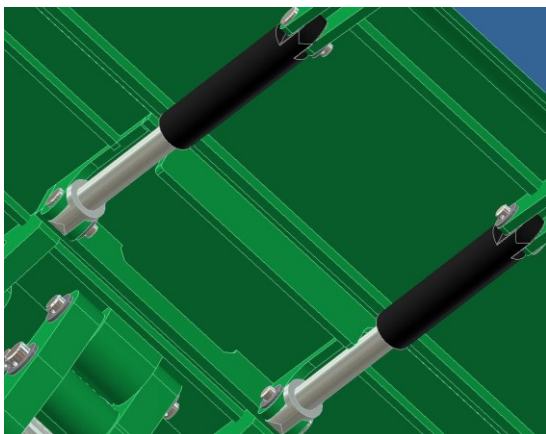
*Obr. 4.17 – Svařenec stropnice*

**Díly:**

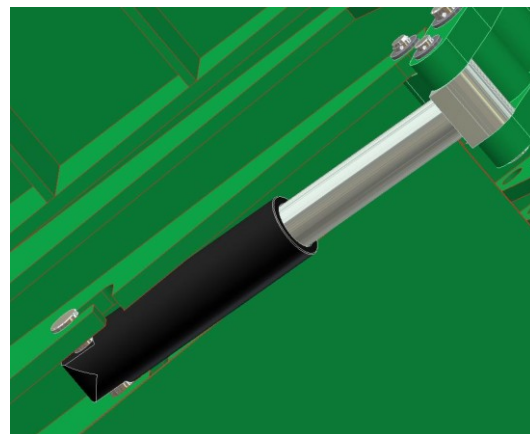
- Horní plech o tloušťce 20mm
- Úchyty pro pilířovou opěru
- Úchyty pro hydraulický válec
- Žebrování
- Dolní krycí plech



#### 4.3.4 Hydraulické válce

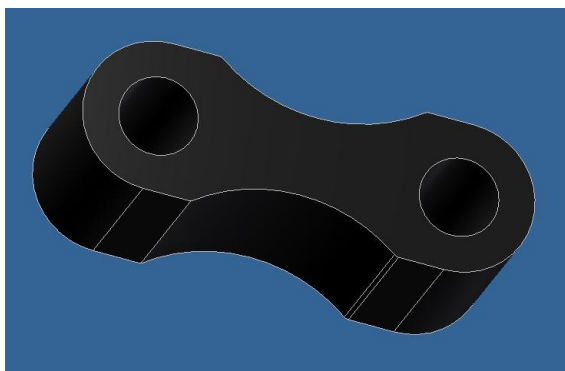


Obr. 4.18 – Hyd. válce 70/60–236

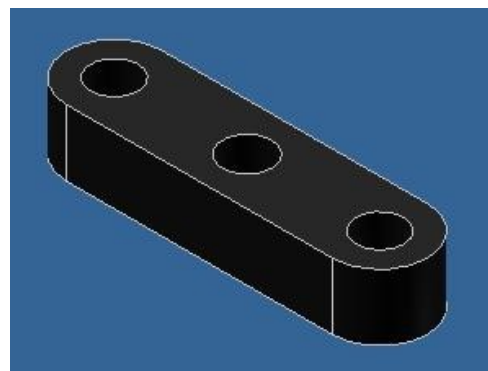


Obr. 4.19 – Hyd. válec 12/95-375

#### 4.3.5 Členy pohybového mechanismu

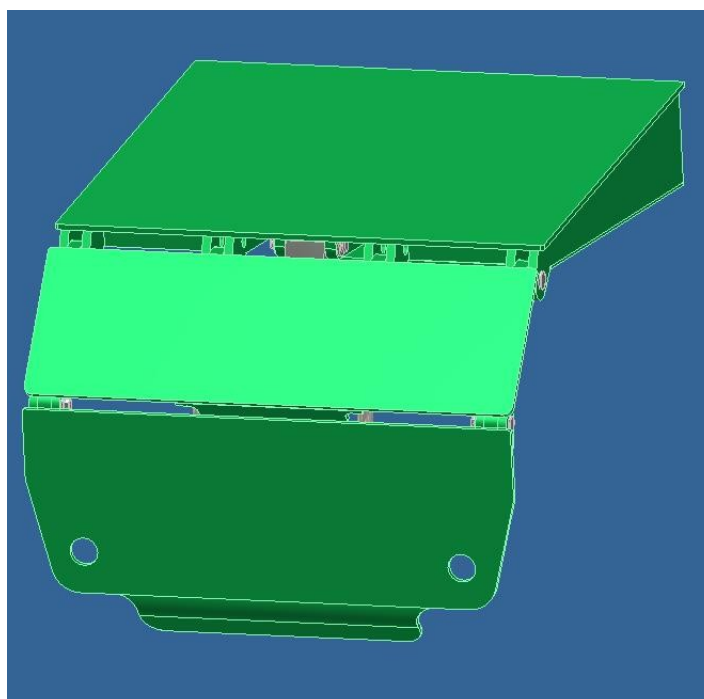


Obr. 4.20 – 1.člen pohyb. mechanismu

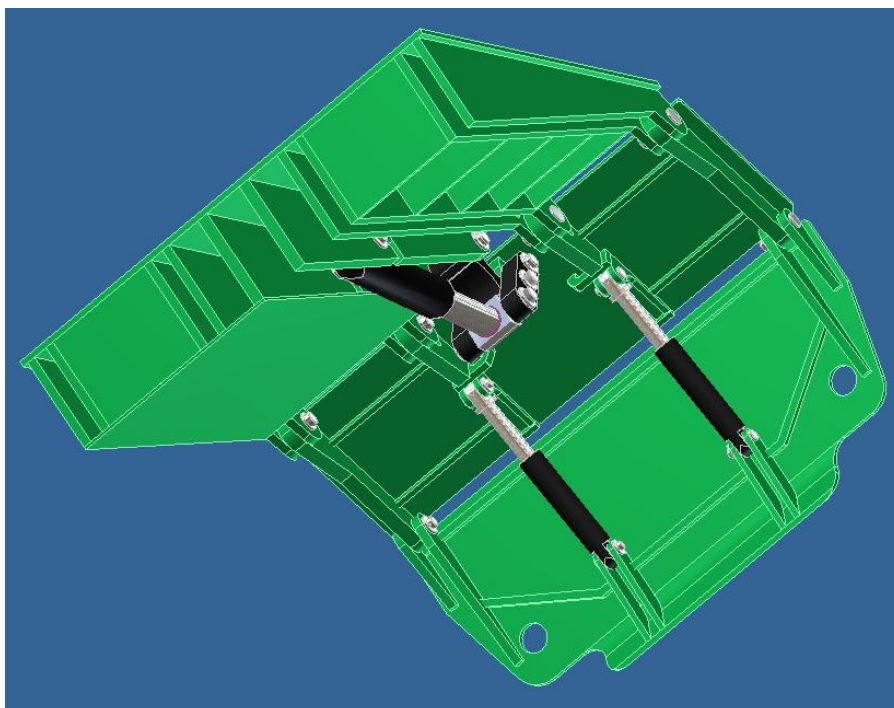


Obr.4.21 – 2.člen pohyb. mechanismu

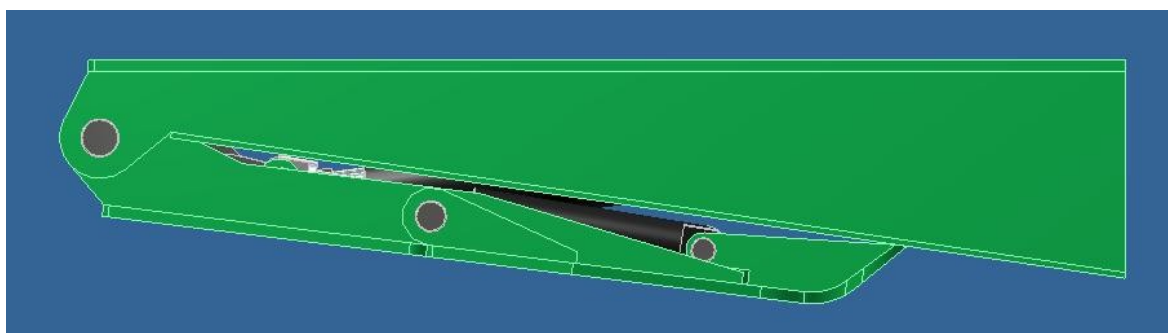
#### 4.3.6 Výsledný pohled na pilířovou opěru v pracovní poloze



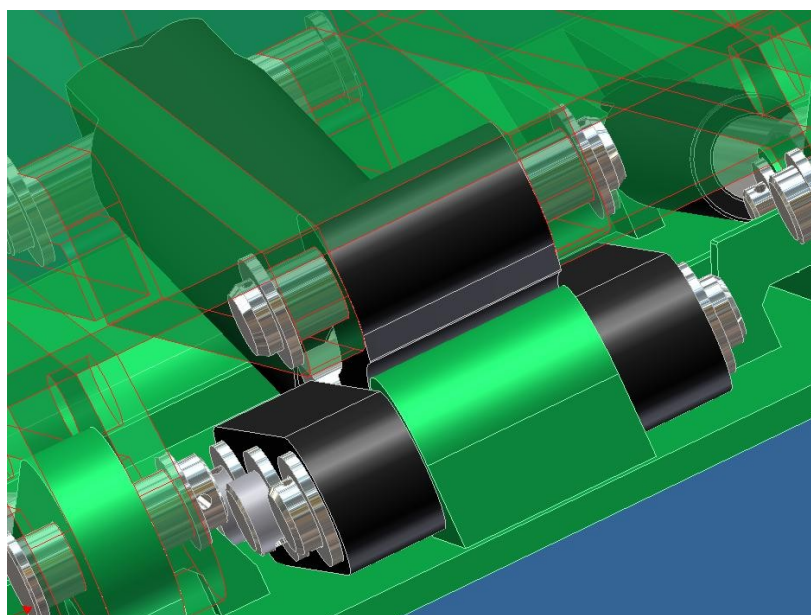
Obr. 4.22 - pohled na pilířovou shora



*Obr. 4.23 – pohled na pilířovou opěru zespod*



*Obr. 4.24 – Zavřená pilířová opěra*



*Obr. 4.25 – kontrola kolize v pohybovém mechanismu*

## 5 Závěr

V diplomové práci je řešen konstrukční návrh pilířové opěry pro důlní mechanizovanou výztuž určené do slojí o mocnostech 1,7 až 3,7 metru. V práci je proveden rozbor razícího komplexu, ve kterém výztuž pracuje, dále analýza požadavků na pilířovou opěru a shrnutí současného stavu techniky. Také je zde uveden koncepční a konstrukční návrh včetně výpočtů sil v hydraulických válcích s ohledem na potřebný přítlak k uhelnému pilíři. Následuje návrh všech čepů v mechanismu. Práce zahrnuje výběr vhodné varianty řešení, postupný návrh a finální kontroly kolizí a spojů. V příloze nalezneme výkresy sestavy pilířové opěry a výkresy svařenců jednotlivých dílů pilířové opěry.

## 6 Seznam použité literatury

- [1] Gondek, H. - Ševčík, A.: Těžební a zpracovatelské stroje I. Skripta VŠB, Ostrava 2006
- [2] Leinveber, J. - Vávra P.: Strojnické tabulky, první vydání, Albra, spol. s.r.o., Úvaly, Praha, 2003, ISBN 80-86490-74-2.
- [3] Gondek, H. – Štroffek, E.: Zařízení pro zajišťování porubů. Skripta VŠB, Ostrava 1988.
- [4] Zelený J.: Stavba strojů – strojní součásti, Učebnice pro střední školy, Brno 2003, ISBN 80-7226-311-0.
- [5] Firemní literatura firmy OSTROJ Opava a.s.
- [6] Norma ČSN EN 1804-1
- [7] <http://www.wikipedia.org>
- [8] <http://www.google.com>

## 7 Přílohy

- [1] Sestavný výkres pilířové opěry, formát A0
- [2] Výkres svařence přední části pilířové opěry, formát A1
- [3] Výkres svařence zadní části pilířové opěry, formát A1